潘品英 编著

新2版电动机绕组布线接线彩色图集

遗补篇

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

ISBN 978-7-111-33497-2
封面设计　姚毅

潘品英　高级工程师。1941年生于广东顺德。1962年毕业于海南冶金工业学校。先后在海南铁矿、大宝山矿、韶关冶炼厂等企业从事电修工作。

作者在实践中善于思考，勤于动笔，早年发表过WK-4倍电压主电机出线同名端测判方法的理论推导、双速绕组极性判别方法等文章。对电机绕组有深入的研究，独创了绕组的“断面模拟画法”和单相正弦绕组、单相抽头调速绕组结构性标题命名法。出版著作有：《电动机绕组修理》、《电动机绕组布线接线彩色图集》、《中小型电动机修理》、《家用及中小型电动机重绕修理》等十余部著作。

上架指导：工业技术/电子技术

ISBN 978-7-111-33497-2

地址：北京市百万庄大街22号　邮政编码：100037
电话服务　网络服务
社服务中心：(010)88361066　门户网：http://www.cmpbook.com
销售一部：(010)68326294　教材网：http://www.cmpedu.com
销售二部：(010)88379649　封面无防伪标均为盗版
读者购书热线：(010)88379203

定价：88.00元

新2版
电动机绕组布线接线彩色图集

遗补篇

潘品英　编　著

机械工业出版社

本书是一本以图为主，图文并茂的彩色图集，是《新2版电动机绕组布线接线彩色图集》的遗补篇。《图集》初版于1994年，历经“4版”。然而，在几次改版中，为了篇幅“减肥”，迫不得已而忍痛割爱，甚至删除整体内容，导致大量的现在仍然应用的绕组被遗落。为了维护本书的完整性，今将以前遗落的图例重新收集整理，并补充部分新增绕组，编就此“遗补篇”一书。全书共分七章、24节，共289例绕组，其中新绘制的新图49例。然而，遗补篇并非“鸡肋”，其主要内容包括现在仍在应用的部分，如双速、三速变极绕组、三相转子波绕组、单相串励电枢绕组、直流电枢绕组等；此外还有性能优越、节能效果俱佳的三相正弦绕组，它是目前最先进的绕组型式，并代表着电机绕组发展的未来。拾遗之外，本篇还补充了时兴的三相单双层混合式等一批新绕组。全部绕组均采用“潘氏”画法，并配以相色线条，使绕组布线层次分明，接线清晰、醒目。另外，读者如需历版的全部图例，只要购本书和“新2版”即可获全。

遗补篇也是实用工具书，适用于从事电机修理、制造的有关人员及大中专院校、职业技校等有关专业的实践参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

电动机绕组布线接线彩色图集. 遗补篇/潘品英编著.
—新2版. —北京：机械工业出版社，2011.4
ISBN 978-7-111-33497-2

Ⅰ.①电… Ⅱ.①潘… Ⅲ.①电动机—绕组—布线—图集②电动机—绕组—接线图 Ⅳ.①TM320.31-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第026449号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑：李振标 责任编辑：李振标 责任校对：刘志文
封面设计：姚 毅 责任印制：乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2011年7月第1版第1次印刷
260mm×184mm·20.25印张·637千字
0001—3000册
标准书号：ISBN 978-7-111-33497-2
定价：88.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：(010)88361066	门户网：http://www.cmpbook.com
销售一部：(010)68326294	
销售二部：(010)88379649	教材网：http://www.cmpedu.com
读者购书热线：(010)88379203	封面无防伪标均为盗版

前　言

《电动机绕组布线接线彩色图集》出版十余年来深受读者欢迎，经多次重印、再版，并从初版的“新编”、“新编第2版”、“新版”到如今的“新2版”，已经历了四版发行。由于身体及客观原因已宣告不再续编，所以“新2版”本应是最后一版了，但缘于几次改版删去大量图例，特别是第3、4版因新增内容较多，为免使篇幅过大，不但把原来老系列产品全数删去，而且对某些内容也整体删除。然而，删减的目的虽然能压缩篇幅，降低成本以减轻读者的负担，但后果则是被删图例的电机仍在修理电机中出现，所以曾有读者要求购买前版的情况。再说，删去的绝非无用之例，如三相正弦绕组就是性能优越的超前型式，只因其在工艺上存在一定难度而尚未能推广，但近期电机修理中，发现此种型式的绕组已有应用。另外，整体删去的还有单相串励电动机电枢绕组、直流电机电枢绕组等，都是根据当时设计资料绘制的，虽然未能涵盖全部，但仍在实用之中；三版删去的绕线式转子波绕组，也是目前仍在应用的型式；当时被删的还有单绕组三速电动机，它是根据资料绘制，考虑实践不足，当时又缺乏有效的核查手段，自恐一旦出错难以应付，故而删去，其实这些都是目前使用的标准系列产品。由此种种，为了弥补以往不足，使《图集》有一个完满结局，在出版社的建议之下，为对读者负责，不得不再次执笔，把以前删去的图例重新整理，再增补部分新内容，作为“新2版”的遗补篇。

“遗补篇”全书收入绕组289例，其中新增彩图49例，并在标题上用“*”标示；遗补原书删去的240例，其中标题用“**”标示，表示该例取自“第2版”，即2版之后被删除；其余取自“第3版”的图例则用“***”表示。此外，本书对双层叠绕组新增图例，采用新创的改进画法，即把每组线圈简化成只画出首尾两只有端部弧线的完整线圈，其余中间的串联线圈略去端部弧线，只用槽中小圆表示，并用一线将其串联成一组，使绕组布接线更加清晰明瞭。

本书仍用本作者独创的电动机绕组端面画法及单相正弦绕组、单相抽头调速绕组结构性标题的命名法。近有书刊用此画法，本人表示欢迎，但碍于版权，请在书中前言说明“绕组图采用潘氏画法”，否则视作侵权，特此声明，多谢合作。

潘品英

2011年2月

目　　录

前言

第 1 章　三相交流电动机绕组 …… 1

1.1　三相单层交叠式绕组布线接线图 …… 2

1.1.1　12 槽 2 极单层叠式(庶极)绕组** …… 3

1.1.2　16 槽 2 极(空 4 槽)单链绕组** …… 4

1.1.3　12 槽 4 极单层链式(庶极)绕组** …… 5

1.1.4　36 槽 4 极单层叠式(庶极)绕组** …… 6

1.1.5　48 槽 4 极单层叠式绕组** …… 7

1.1.6　18 槽 6 极单层链式(庶极)绕组** …… 8

1.1.7　24 槽 8 极单层交叠(分割式)绕组** …… 9

1.2　三相单层同心式绕组布线接线图 …… 10

1.2.1　12 槽 2 极单层同心式(庶极)绕组** …… 11

1.2.2　18 槽 2 极单层同心式(庶极)绕组** …… 12

1.2.3　24 槽 4 极单层同心式(庶极)绕组** …… 13

1.2.4　36 槽 4 极单层同心式(庶极)绕组** …… 14

1.2.5　36 槽 6 极单层同心式(庶极)绕组** …… 15

1.2.6　36 槽 6 极(a=3)单层同心式(庶极)绕组** …… 16

1.2.7　48 槽 8 极(a=2)单层同心式(庶极)绕组** …… 17

1.2.8　72 槽 6 极(a=2)单层同心式绕组* …… 18

1.2.9　72 槽 6 极(a=3)单层同心式绕组** …… 19

1.3　三相单层交叉式绕组布线接线图 …… 20

1.3.1　18 槽 4 极单层交叉式(庶极)绕组** …… 21

1.3.2　18 槽 4 极单层同心交叉式(庶极)绕组** …… 22

1.3.3　54 槽 6 极单层同心交叉式绕组** …… 23

1.3.4　36 槽 8 极单层交叉式(庶极)绕组** …… 24

1.3.5　60 槽 8 极单层同心交叉式(庶极)绕组** …… 25

1.3.6　72 槽 8 极(a=2)单层交叉式绕组** …… 26

1.3.7　72 槽 8 极(a=4)单层交叉式绕组** …… 27

1.4　三相双层叠式绕组布线接线图 …… 28

1.4.1　18 槽 2 极(y=7)双层叠式绕组** …… 29

1.4.2　18 槽 2 极(y=8)双层叠式绕组** …… 30

1.4.3　24 槽 2 极(y=8)双层叠式绕组** …… 31

1.4.4　24 槽 2 极(y=9)双层叠式绕组*** …… 32

1.4.5　24 槽 2 极(y=9、a=2)双层叠式绕组** …… 33

1.4.6　24 槽 2 极(y=10、a=2)双层叠式绕组** …… 34

1.4.7　30 槽 2 极(y=10)双层叠式绕组** …… 35

1.4.8　30 槽 2 极(y=10、a=2)双层叠式绕组** …… 36

1.4.9　30 槽 2 极(y=11)双层叠式绕组** …… 37

1.4.10　30 槽 2 极(y=11、a=2)双层叠式绕组** …… 38

1.4.11　36 槽 2 极(y=10)双层叠式绕组*** …… 39

1.4.12　36 槽 2 极(y=10、a=2)双层叠式绕组*** …… 40

1.4.13　36 槽 2 极(y=11、a=2)双层叠式绕组*** …… 41

1.4.14　36 槽 2 极(y=12)双层叠式绕组** …… 42

1.4.15　36 槽 2 极(y=12、a=2)双层叠式绕组** …… 43

1.4.16　42 槽 2 极(y=14、a=2)双层叠式绕组** …… 44

1.4.17　48 槽 2 极(y=13)双层叠式绕组*** …… 45

1.4.18　48 槽 2 极(y=13、a=2)双层叠式绕组*** …… 46

1.4.19　30 槽 4 极(y=6)双层叠式(分数)绕组*** …… 47

1.4.20　36 槽 4 极(y=8、a=4)双层叠式绕组** …… 48

1.4.21　42 槽 4 极(y=8)双层叠式绕组** …… 49

1.4.22 48槽4极(y=10)双层叠式绕组** …… 50
1.4.23 48槽4极(y=11)双层叠式绕组** …… 51
1.4.24 48槽4极(y=11、a=2)双层叠式绕组** …… 52
1.4.25 48槽4极(y=12)双层叠式绕组** …… 53
1.4.26 60槽4极(y=12)双层叠式绕组** …… 54
1.4.27 60槽4极(y=13)双层叠式绕组** …… 55
1.4.28 24槽6极(y=4)双层叠式(不规则布线)绕组** …… 56
1.4.29 36槽6极(y=6)双层叠式绕组** …… 57
1.4.30 54槽6极(y=7)双层叠式绕组** …… 58
1.4.31 54槽6极(y=7、a=3)双层叠式绕组** …… 59
1.4.32 54槽6极(y=8、a=6)双层叠式绕组** …… 60
1.4.33 54槽6极(y=9)双层叠式绕组** …… 61
1.4.34 72槽6极(y=10)双层叠式绕组** …… 62
1.4.35 72槽6极(y=11)双层叠式绕组** …… 63
1.4.36 72槽6极(y=12)双层叠式绕组** …… 64
1.4.37 36槽8极(y=4)双层叠式绕组** …… 65
1.4.38 48槽8极(y=5、a=4)双层叠式绕组** …… 66
1.4.39 72槽8极(y=7)双层叠式绕组** …… 67
1.4.40 72槽8极(y=8)双层叠式绕组** …… 68
1.4.41 60槽10极(y=5)双层叠式绕组** …… 69
1.4.42 60槽10极(y=5、a=2)双层叠式绕组** …… 70
1.5 三相单双层混合式绕组布线接线图 …… 71
1.5.1 16槽2极(y_p=7)单双层混合式(不规则布线)绕组* …… 72
1.5.2 16槽2极单双层混合式(不规则叠式布线)绕组** …… 73
1.5.3 24槽2极(y_p=10、a=2)单双层混合式(B类)绕组* …… 74
1.5.4 16槽4极单双层混合式(不规则链式布线)绕组** …… 75
1.5.5 30槽4极(y_p=6)单双层混合式(不规则布线)绕组*** …… 76
1.5.6 30槽4极(y_p=7)单双层混合式(同心交叉布线)绕组*** …… 77
1.5.7 32槽4极(y_p=7)单双层混合式(非正规布线)绕组* …… 78
1.5.8 36槽4极(y_p=8、a=2)单双层混合式(B类)绕组* …… 79
1.5.9 36槽4极(y_p=8、a=4)单双层混合式(B类)绕组* …… 80
1.5.10 48槽4极(y_p=10)单双层混合式(B类)绕组* …… 81
1.5.11 48槽4极(y_p=10、a=2)单双层混合式(B类)绕组* …… 82
1.5.12 48槽4极(y_p=10、a=4)单双层混合式(B类)绕组* …… 83
1.5.13 48槽4极(y_p=11)单双层混合式(同心交叉布线)绕组* …… 84
1.5.14 48槽4极(y_p=11、a=2)单双层混合式(同心交叉布线)绕组* …… 85
1.5.15 60槽4极(y_p=12、a=4)单双层混合式(B类)绕组* …… 86
1.5.16 60槽4极(y_p=13、a=2)单双层混合式(同心交叉布线)绕组* …… 87
1.5.17 60槽4极(y_p=14、a=2)单双层混合式(B类)绕组* …… 88
1.5.18 36槽6极(y_p=5)单双层混合式(同心交叉布线)绕组* …… 89
1.5.19 36槽6极(y_p=5、a=3)单双层混合式(同心交叉布线)绕组* …… 90
1.5.20 45槽6极(y_p=7)单双层混合式(同心交叉布线)绕组* …… 91
1.5.21 45槽6极(y_p=7、a=3)单双层混合式(同心交叉布线)绕组* …… 92
1.5.22 54槽6极(y_p=8)单双层混合式(B类)绕组* …… 93
1.5.23 54槽6极(y_p=8、a=2)单双层混合式(B类)绕组* …… 94
1.5.24 54槽6极(y_p=8、a=3)单双层混合式(B类)绕组* …… 95
1.5.25 54槽6极(y_p=8、a=6)单双层混合式(B类)绕组* …… 96
1.5.26 72槽6极(y_p=10、a=2)单双层混合式(B类)绕组* …… 97
1.5.27 72槽6极(y_p=10、a=3)单双层混合式(B类)绕组* …… 98
1.5.28 72槽6极(y_p=10、a=6)单双层混合式(B类)绕组* …… 99
1.5.29 72槽6极(y_p=11、a=3)单双层混合式(同心交叉布线)绕组* …… 100

1.5.30 36槽8极(y_p=4)单双层混合式绕组** …… 101
1.5.31 36槽8极(y_p=4)单双层混合式(同心庶极布线)绕组** …… 102
1.5.32 48槽8极(y_p=5)单双层混合式(同心交叉布线)绕组* …… 103
1.5.33 48槽8极(y_p=5、a=2)单双层混合式(同心交叉布线)绕组* …… 104
1.5.34 48槽8极(y_p=5、a=4)单双层混合式(同心交叉布线)绕组* …… 105
1.5.35 72槽8极(y_p=8、a=4)单双层混合式(B类)绕组* …… 106
第2章 三相变极电动机绕组 …… 107
2.1 三相交流变极电动机双速绕组布线接线图 …… 107
2.1.1 36槽6/4极△/2Y(y=5)双速绕组* …… 108
2.1.2 36槽8/6极△/2Y(y=6,同转向)双速绕组* …… 109
2.1.3 36槽8/6极△/2Y(y=6,反转向)双速绕组* …… 110
2.1.4 72槽8/4极Y/2Y(y=9)双速绕组* …… 111
2.1.5 72槽8/4极△/2Y(y=11)双速绕组* …… 112
2.1.6 72槽8/6极△/2Y(y=9)双速绕组* …… 113
2.2 三相交流变极电动机三速绕组布线接线图 …… 114
2.2.1 36槽6/4/2极3Y/△/△(y=6)换相变极三速绕组** … 115
2.2.2 36槽8/4/2极2Y/2△/2△(y=6)换相变极三速绕组* …… 116
2.2.3 36槽8/4/2极2Y/2△/2△双节距变极(特种双叠)三速绕组** …… 117
2.2.4 36槽8/4/2极2Y/2△/2△双节距变极(双同心组)三速绕组* …… 118
2.2.5 36槽8/6/4极2Y/2Y/2Y(y=4)三速绕组** …… 119
2.2.6 36槽8/6/4极2Y/2Y/2Y(y=5)三速绕组** …… 120
2.2.7 48槽8/4/2极2Y/2△/2△双节距变极三速绕组* …… 121
2.2.8 72槽8/6/4极2Y/2△/2△(y=12)三速绕组* …… 122
第3章 三相电动机改绕用正弦绕组 …… 123
3.1 三相内星角形(△)正弦绕组布线接线图 …… 124
3.1.1 24槽2极(单层链式)内星角形正弦绕组*** …… 125
3.1.2 36槽2极(双层叠式)内星角形正弦绕组*** …… 126
3.1.3 36槽2极(单双层)内星角形正弦绕组*** …… 127
3.1.4 36槽2极(a=2、单双层)内星角形正弦绕组*** …… 128
3.1.5 24槽4极(单层庶极链式)内星角形正弦绕组*** …… 129
3.1.6 36槽4极(y=8、q_d=q_y、双层叠式)内星角形正弦绕组*** …… 130
3.1.7 36槽4极(y=8、q_d≠q_y、双层叠式)内星角形正弦绕组*** …… 131
3.1.8 36槽4极(y=9、q_d=q_y、单双层)内星角形正弦绕组*** …… 132
3.1.9 48槽4极(a=2、单双层同心交叉式)内星角形正弦绕组*** …… 133
3.1.10 48槽4极(y=11、a=4、双层叠式)内星角形正弦绕组*** …… 134
3.1.11 36槽6极(单层庶极链式)内星角形正弦绕组*** …… 135
3.1.12 48槽8极(单层庶极链式)内星角形正弦绕组*** …… 136
3.1.13 54槽8极(y=6、a=2、双层叠式)内星角形正弦绕组*** …… 137
3.2 三相内角星形(Δ)正弦绕组布线接线图 …… 138
3.2.1 18槽2极(单双层)内角星形正弦绕组*** …… 139
3.2.2 24槽2极(单层链式)内角星形正弦绕组*** …… 140
3.2.3 30槽2极(单双层同心交叉式)内角星形正弦绕组*** … 141
3.2.4 36槽2极(y=17、双层叠式)内角星形正弦绕组*** …… 142
3.2.5 36槽2极(单双层同心式)内角星形正弦绕组*** …… 143
3.2.6 36槽2极(a=2、单双层同心式)内角星形正弦绕组*** … 144
3.2.7 42槽2极(y=19、a=2、双层叠式)内角星形正弦绕组*** …… 145

3.2.8 24槽4极(单层庶极链式)内角星形正弦绕组*** …… 146
3.2.9 36槽4极(y=8,双层叠式)内角星形正弦绕组*** …… 147
3.2.10 36槽4极(单双层)内角星形正弦绕组*** …… 148
3.2.11 36槽4极(单双层庶极)内角星形正弦绕组*** …… 149
3.2.12 36槽4极($a_y \neq a_d$,单双层全距)内角星形正弦绕组*** …… 150
3.2.13 36槽4极($a_y \neq a_d$,单双层庶极)内角星形正弦绕组*** …… 151
3.2.14 36槽4极(a=2,单双层)内角星形正弦绕组*** …… 152
3.2.15 48槽4极(a=2,单双层同心交叉式)内角星形正弦绕组*** …… 153
3.2.16 48槽4极(y=11,a=4,双层叠式)内角星形正弦绕组*** …… 154
3.2.17 60槽4极(y=14,a=4,双层叠式)内角星形正弦绕组*** …… 155
3.2.18 36槽6极(单层庶极链式)内角星形正弦绕组*** …… 156
3.2.19 54槽6极(a=3,单双层)内角星形正弦绕组*** …… 157
3.2.20 48槽8极(单层庶极链式)内角星形正弦绕组*** …… 158
3.2.21 54槽8极(y=6,a=2,双层叠式)内角星形正弦绕组*** …… 159
第4章 三相交流电动机(转子)波绕组 …… 160
4.1 三相双层波绕组布线接线图 …… 160
4.1.1 54槽4极双层波绕组** …… 161
4.1.2 54槽6极双层波绕组** …… 162
4.1.3 72槽4极双层波绕组** …… 163
4.1.4 72槽6极双层波绕组** …… 164
4.1.5 75槽10极双层波绕组** …… 165
4.1.6 81槽6极双层波绕组** …… 166
4.1.7 84槽8极双层波绕组** …… 167
4.1.8 90槽6极双层波绕组** …… 168
4.1.9 96槽8极双层波绕组** …… 169
4.1.10 108槽12极双层波绕组** …… 170
4.2 三相对称换位波绕组布线接线图 …… 171
4.2.1 54槽4极对称换位波绕组** …… 172
4.2.2 54槽6极对称换位波绕组** …… 173
4.2.3 72槽4极对称换位波绕组** …… 174
4.2.4 72槽6极对称换位波绕组** …… 175
4.2.5 75槽10极对称换位波绕组** …… 176
4.2.6 81槽6极对称换位波绕组** …… 177
4.2.7 84槽8极对称换位波绕组** …… 178
4.2.8 90槽6极对称换位波绕组** …… 179
4.2.9 96槽8极对称换位波绕组** …… 180
4.2.10 108槽12极对称换位波绕组** …… 181
第5章 单相交流电动机绕组 …… 182
5.1 单相单层交叠式绕组布线接线图 …… 182
5.1.1 8槽2极单层交叠式(单链布线)绕组** …… 183
5.1.2 12槽2极单层交叠式(等距布线)绕组** …… 184
5.1.3 12槽2极单层交叠式(不等距布线)绕组** …… 185
5.1.4 16槽2极单层交叠式(等距布线)绕组*** …… 186
5.1.5 18槽4极单层交叠式(空槽不等距单链布线)绕组** …… 187
5.1.6 24槽4极单层交叠式(庶极可分割)绕组*** …… 188
5.1.7 24槽4极单层交叠式(可分割不等距布线)绕组*** …… 189
5.1.8 24槽4极单层交叠式(等距布线)绕组** …… 190
5.2 单相单层同心式绕组布线接线图 …… 191
5.2.1 16槽2极单层同心式绕组** …… 192
5.2.2 18槽2极单层同心式(交叉布线)绕组** …… 193
5.2.3 18槽2极单层同心式(空槽布线)绕组** …… 194
5.2.4 24槽4极单层同心式(可分割布线)绕组** …… 195
5.2.5 32槽6极单层同心式(分数)绕组*** …… 196
5.3 单相双层、单双层混合(正弦)绕组布线接线图 …… 197

5.3.1 16槽4极(y=3)双层叠式绕组** …… 198
5.3.2 24槽4极单双层混合式(同心布线)绕组** …… 199
5.3.3 24槽6极(y_p=3)单双层混合式(交叉布线)绕组*** …… 200
5.3.4 12槽2极2/2—B正弦绕组** …… 201
5.3.5 18槽2极3/2—A/B正弦绕组** …… 202
5.3.6 18槽2极4/4—A/B正弦绕组** …… 203
5.4 单相分布式罩极绕组布线接线图 …… 204
5.4.1 12槽2极2B/1正弦分布罩极式绕组** …… 205
5.4.2 12槽2极3A/1正弦分布罩极式绕组*** …… 206
5.4.3 16槽2极4B/1正弦分布罩极式绕组*** …… 207
5.4.4 24槽2极4B/3正弦分布罩极式绕组*** …… 208
5.4.5 12槽4极2A/1正弦分布罩极式绕组*** …… 209
5.4.6 12槽4极2A/1正弦分布罩极式(双转向)绕组*** …… 210
5.4.7 24槽4极2B/2正弦分布罩极式绕组*** …… 211
5.4.8 24槽4极3A/1正弦分布罩极式绕组*** …… 212
5.5 单相电扇抽头式调速绕组布线接线图 …… 213
5.5.1 16槽4极T—2N型4—2(2/2)—2/2双速绕组*** …… 214
5.5.2 16槽4极T—2N型4—2—2双速绕组*** …… 215
5.5.3 16槽4极T—2W型4—2(2/2)—2/2双速绕组*** …… 216
5.5.4 16槽4极T—2W型4—2—2双速绕组*** …… 217
5.5.5 36槽4极L—1/2型B/A类正弦3—3—(3+2)三速绕组*** …… 218
5.5.6 24槽6极L—2型A类正弦2—2—1双速绕组*** …… 219
5.6 单相、三相通用电动机绕组布线接线图 …… 220
5.6.1 12槽4极双层链式单(三)相通用(△形)绕组*** …… 221
5.6.2 18槽2极单双层同心式单(三)相通用(△形)绕组** …… 222
5.6.3 18槽4极单层同心交叉式单(三)相通用(△形庶极)绕组** …… 223
5.6.4 18槽4极双层叠式单(三)相通用(△形)绕组** …… 224
5.6.5 24槽2极单层同心式单(三)相通用绕组** …… 225
5.6.6 24槽4极单层链式单(三)相通用(Y形)绕组** …… 226
第6章 单相串励电动机电枢绕组 …… 227
6.1 串励电枢嵌绕次序示意图 …… 228
6.1.1 3槽2极电枢转子绕法*** …… 229
6.1.2 7槽2极电枢转子绕法*** …… 229
6.1.3 8槽2极电枢转子绕法*** …… 230
6.1.4 9槽2极电枢转子绕法*** …… 231
6.1.5 10槽2极电枢转子绕法*** …… 231
6.1.6 11槽2极电枢转子绕法*** …… 232
6.1.7 12槽2极电枢转子绕法*** …… 233
6.1.8 13槽2极电枢转子绕法*** …… 234
6.1.9 15槽2极电枢转子绕法*** …… 235
6.1.10 16槽2极电枢转子绕法*** …… 236
6.1.11 19槽2极电枢转子绕法*** …… 237
6.1.12 22槽2极电枢转子绕法*** …… 238
6.2 国产系列通用型单相串励电枢绕组布线接线图 …… 239
6.2.1 8×3槽B—1类通用型(正对)电枢绕组* …… 240
6.2.2 10×2槽B—1类通用型(左借0.5)电枢绕组*** …… 241
6.2.3 11×3槽A—2类通用型(右借2.5)电枢绕组*** …… 242
6.2.4 11×3槽A—2类通用型(右借1.5)电枢绕组*** …… 243
6.2.5 11×3槽A—2类通用型(右借3.5)电枢绕组*** …… 244
6.2.6 12×2槽B—1类通用型(左借1.5)电枢绕组*** …… 245
6.2.7 12×3槽B—1类通用型(正对)电枢绕组*** …… 246
6.2.8 12×3槽B—1类通用型(左借2.0)电枢绕组*** …… 247
6.2.9 16×3槽B—1类通用型(正对)电枢绕组*** …… 248
6.2.10 16×3槽B—1类通用型(左借2.0)电枢绕组*** …… 249
6.2.11 19×2槽A—2类通用型(左借2.0)电枢绕组*** …… 250
6.2.12 19×2槽A—2类通用型(正对)电枢绕组*** …… 251
6.2.13 19×2槽A—2类通用型(右借1.0)电枢绕组*** …… 252
6.3 国产专用型单相串励电枢绕组布线接线图 …… 253

6.3.1 3×1 槽 B 类专用型电枢绕组*** …… 253
6.3.2 8×1 槽 B—1 类专用型电枢绕组* …… 254
6.3.3 9×3 槽 A 1 类专用型电枢绕组*** …… 255
6.3.4 11×3 槽 A -1 类专用型(右借 0.5)电枢绕组* …… 256
6.3.5 11×3 槽 B—1 类专用型电枢绕组*** …… 257
6.3.6 11×3 槽 B--2 类专用型电枢绕组*** …… 258
6.3.7 12×2 槽 B—1 类专用型(右借 0.5)电枢绕组*** …… 259
6.3.8 12×2 槽 B—1 类专用型(左借 0.5)电枢绕组*** …… 260
6.3.9 12×3 槽 A—1 类专用型电枢绕组*** …… 261
6.3.10 15×2 槽 B—1 类专用型电枢绕组*** …… 262
6.3.11 15×3 槽 A—1 类专用型电枢绕组*** …… 263
6.3.12 19×2 槽 B--1 类专用型电枢绕组** …… 264
第 7 章 直流电机电枢绕组 …… 265
7.1 直流电枢单叠绕组布线接线图 …… 266
7.1.1 2 极 13×3 槽单叠绕组** …… 267
7.1.2 2 极 14×3 槽单叠绕组** …… 268
7.1.3 2 极 14×4 槽单叠绕组** …… 269
7.1.4 2 极 15×2 槽单叠绕组** …… 270
7.1.5 2 极 18×4 槽单叠绕组** …… 271
7.1.6 2 极 20×2 槽单叠绕组** …… 272
7.1.7 2 极 24×4 槽单叠绕组** …… 273
7.1.8 4 极 31×3 槽单叠绕组** …… 274
7.1.9 4 极 32×3 槽单叠绕组** …… 275
7.1.10 4 极 34×3 槽单叠绕组** …… 276
7.1.11 4 极 36×3 槽单叠绕组** …… 277
7.1.12 4 极 42×2 槽单叠绕组** …… 278
7.1.13 4 极 50×2 槽单叠绕组** …… 279
7.2 直流电枢单波绕组布线接线图 …… 280
7.2.1 4 极 23×1 槽单波绕组** …… 281
7.2.2 4 极 25×3 槽单波绕组** …… 282
7.2.3 4 极 25×5 槽单波绕组** …… 283
7.2.4 4 极 27×1 槽单波绕组** …… 284
7.2.5 4 极 27×3 槽单波绕组** …… 285
7.2.6 4 极 27×5 槽单波绕组** …… 286
7.2.7 4 极 29×3 槽单波绕组** …… 287
7.2.8 4 极 29×5 槽单波绕组** …… 288
7.2.9 4 极 31×3 槽单波绕组** …… 289
7.2.10 4 极 33×3 槽单波绕组** …… 290
7.2.11 4 极 35×3 槽单波绕组** …… 291
7.2.12 4 极 37×3 槽单波绕组** …… 292
7.2.13 4 极 39×3 槽单波绕组** …… 293
7.3 直流电枢死波绕组布线接线图 …… 294
7.3.1 4 极 21×2—1 槽死波绕组** …… 295
7.3.2 4 极 25×4—1 槽死波绕组** …… 296
7.3.3 4 极 27×4—1 槽死波绕组之一** …… 297
7.3.4 4 极 27×4 1 槽死波绕组之二** …… 298
7.3.5 4 极 29×2—1 槽死波绕组** …… 299
7.3.6 4 极 31×4 1 槽死波绕组** …… 300
7.3.7 4 极 34×3 -1 槽死波绕组** …… 301
7.3.8 4 极 34×4—1 槽死波绕组** …… 302
7.3.9 4 极 35×2 -1 槽死波绕组** …… 303
7.3.10 4 极 43×2--1 槽死波绕组** …… 304
7.3.11 4 极 47×2 -1 槽死波绕组** …… 305
7.4 直流电枢蛙式绕组布线接线图 …… 306
7.4.1 4 极 42×2×2 槽单蛙绕组** …… 307
7.4.2 4 极 42×3×2 槽单蛙绕组** …… 308
7.4.3 4 极 42×4×2 槽单蛙绕组** …… 309
7.4.4 4 极 46×3×2 槽单蛙绕组** …… 310
7.4.5 4 极 54×2×2 槽单蛙绕组* …… 311
7.4.6 4 极 54×4×2 槽单蛙绕组** …… 312
7.4.7 6 极 81×2×2 槽单蛙绕组** …… 313
7.4.8 6 极 81×4×2 槽单蛙绕组** …… 314

第 1 章　三相交流电动机绕组

三相交流绕组主要应用于异步电动机、同步电动机及发电机的定子绕组，部分也用于绕线式异步电动机转子绕组，是电动机最常用的绕组。绕组型式很多，按绕组在槽内的分布有单层、双层和单双层混合绕组；根据布线和接线又可将单层绕组分为单叠、单链、同心、交叉以及其他多种型式。今将电动机实用布接线型式，采用端面模拟画法汇成图集，并作说明如下：

(1) 关于图例编号　　本书图例以槽数、极数及节距为序顺次编排，但仍嫌并列过多，故本版特将原标题附加绕组参数(如节距、并联路数)和布线特点(如庶极、分数分布等)，不但便于查阅，还可从标题上获取绕组扼要参数的信息。

(2) 图例中的小圈代表线圈元件在槽中的有效边，单层绕组为一层小圈，双层绕组有两层小圈：外层小圈为下层边(对定子铁心而言)，内层为上层边；两小圈的连接弧线表示线圈端部。交流绕组一般采用连绕工艺，为简化起见，线圈组内元件间顺串连线一律省去不画，故每线圈组仅有两根引接线

(3) 关于绕组相别表示　　为了清晰地同时表现三相绕组的布线和接线，图例分别用黄、绿、红三色线代表 U、V、W 三相绕组；并用模拟电动机接线端面的线圈分布形态绘制

(4) 图例对双层绕组布线可明确显示槽中上、下层次，但单层绕组无层次之分，若用交叠法布线，后嵌入的线圈边将置于端部上面，特称此线圈边为“浮边”；而先嵌边被压在端部下面则称为“沉边”，并在一版图中用双重小圈表示，与之区别。

(5) 绕组的基本型式为一路串联，一般不作标注；若是多路并联图例，则标题均作注明

(6) 嵌线和接线

1) 三相绕组嵌线操作有前进式和后退式两种，应用情况依习惯而异。本图例除说明外，嵌线顺序表均采用应用较广的后退嵌线工艺；

2) 本书图例采用逆时针方向编号，接线若是单路串联，则顺编号走向；若是双路并联，则采用双向走线，以缩短组间连接线。

(7) 关于电动机转向与绕组接线　　根据新产品电动机接线盒置前的结构特点，例图均以前(轴伸)端模拟画出，当电源相序分别与电动机三相引出端 U、V、W 对应时，电动机(对向轴伸端)为顺时针旋转；任意调换两相序则电动机反转。

(8) 本书图例若不注明则属显极布线，如系庶极则有说明。

(9) 本书是原书《新 2 版电动机绕组布线接线彩色图集》的遗补篇，故本章图例就是原书一章在各次改版时删去的绕组图例，所以只是交流电动机绕组的一部分，其数量则由遗落而定。如读者要补全全书例图请再购原书“新 2 版”。

1.1 三相单层交叠式绕组布线接线图

单层交叠式是采用交叠布线的单层绕组。本节所列包括单叠绕组和单链绕组。所谓单叠绕组，是整个绕组由节距相同、线圈数相等的线圈顺向串联而成的线圈组构成，因此，它的每组线圈数是相等的。当每组线圈数 $S=q/2$ 时，构成显极式绕组；$S=q$ 时为庶极式绕组；若每组线圈数为 1 时，则所构成的交叠绕组通常称为单层链式绕组，简称“单链绕组”，它是单叠绕组的特殊型式。

一、绕组参数

总线圈数 Q：电动机三相绕组线圈数总和。单层绕组每线圈占两槽，故总线圈数为

$$Q=Z/2$$

极相槽数 q：电动机每一极距内一相绕组占有的槽数

$$q=Z/2pm$$

每组圈数(即每组线圈数，全书同)S：线圈组是由一相绕组中相邻线圈同向串联而成。单叠绕组每组由多只线圈构成，且每组线圈数相等

$$S=Q/u$$

线圈组数 u：是指构成三相绕组的线圈组数，它与布线型式有关：

显极　　$u=2pm$

庶极　　$u=pm$

绕组极距 τ：指绕组每磁极所占槽数

$$\tau=Z/2p$$

线圈节距 y：单叠绕组为全距绕组，但布线型式不同，则线圈采用不同节距：

庶极　　$y=\tau$

显极　　$y=\tau-s$

绕组系数 K_{dp}：单叠绕组节距系数 $K_p=1$，绕组系数等于分布系数

$$K_{dp}=K_d=\frac{0.5}{q\sin(30^\circ/q)}$$

绕组可能的最大并联路数(并联路数即为并联支路数，全书同)a_m

当　q=奇数　　$a_m=p$

　　q=偶数　　$a_m=2p$

每槽电角 α：指定子绕组铁心每槽所占电角度

$$\alpha=180^\circ\times 2p/Z$$

式中　Z——槽数；

　　$2p$——绕组极数；

　　m——相数；

　　K_n——绕组分布系数

二、绕组特点

(1) 绕组是等距线圈，且线圈数为双层绕组的一半，故具有嵌绕方便、节省工时等优点；

(2) 槽内只有一个有效边，不需槽内层间绝缘，可获得较高的有效充填系数；但很难构成短距绕组，谐波分量较大，电机运行性能较双叠绕组差；

(3) 绕组在实用中有两种布线型式。显极布线时，每组线圈数等于 $q/2$，每相由 $2p$ 个线圈组成；庶极布线时，每组有 q 个线圈，每相有 p 个线圈组。

三、绕组嵌线

绕组有整嵌法和交叠法两种嵌线工艺，实用上常用交叠法嵌线。嵌线时先将一组中的同名边循次嵌入槽内；另一边暂时吊起待嵌(俗称“吊边”)，然后退空 S 槽，再嵌入 S 槽后，再退空出 S 槽，全部沉边嵌完后，才把“吊边”嵌入相应槽内。

本书把单层绕组线圈中先嵌的边(它将被后嵌线圈端部压在下面)称为“沉边”，图中用双圆表示；后嵌于上面的边称为“浮边”，用单圆圈表示。此种嵌法端部比较规整，但为了适应工艺需要，对个别绕组也介绍采用分层整嵌的方法，具体嵌线见各例的嵌线顺序表

四、绕组接线规律

显极绕组：同相相邻线圈组间极性相反，即“尾与尾”或“头与头”相接；

庶极绕组：同相组间极性相同，连接时“尾与头”相接。

1.1.1　12槽2极单层叠式(庶极)绕组**

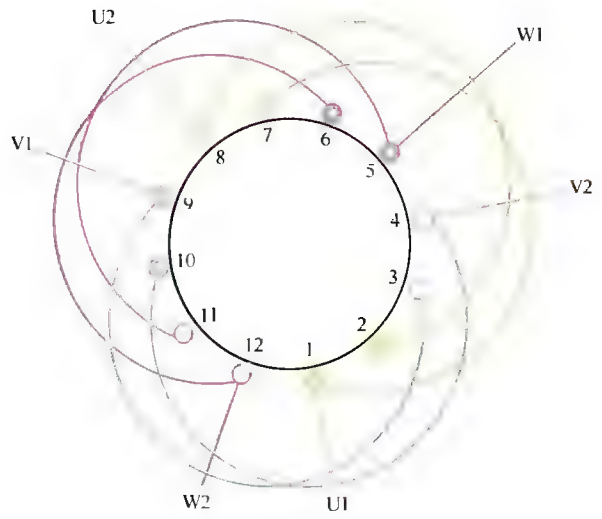


图　1.1.1

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=12$　每组圈数　$S=2$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=2$　极相槽数　$q=2$　线圈节距　$y=1\sim7$、$2\sim8$

总线圈数　$Q=6$　绕组极距　$\tau=6$　绕组系数　$K_{dp}=0.966$

线圈组数　$u=3$　每槽电角　$\alpha=30°$

2. 嵌线方法　绕组可采用两种嵌线方法：

(1) 交叠法　绕组端部较规整、美观，是常用的方法，嵌线顺序见下表：

表 1.1.1(a)　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
嵌入槽号	沉边	2	1	10		9		6		5			
	浮边				4		3		12		11	8	7

(2) 整嵌法　嵌线时线圈两有效边相继嵌入相应槽内，无需吊边，便于内腔过窄的微电机采用。嵌线顺序见下表：

表 1.1.1(b)　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
嵌入槽号	下平面	1	7	2	8								
	中平面					9	3	10	4				
	上平面									5	11	6	12

3. 绕组特点与应用　绕组采用庶极布线，是三相电动机最简单的绕组之一，每相只有一组交叠线圈。它的最大优点是无需内部接线；采用整嵌时端部形成三平面而不够美观。此绕组仅用于小功率电机，主要应用于国外微电机，国内仅见于部分厂家生产的JW-5022产品。

1.1.2　16槽2极(空4槽)单链绕组*

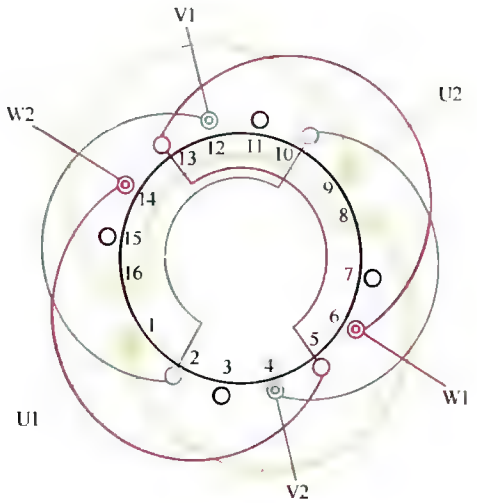


图　1.1.2

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=16$　每组圈数　$S=1$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=2$　极相槽数　$q=2$　线圈节距　$y=1\sim8$、$1\sim7$

总线圈数　$Q=6$　绕组极距　$\tau=8$　绕组系数　$K_{dp}=0.966$

线圈组数　$u=6$　每槽电角　$\alpha=22.5°$

2. 嵌线方法　绕组嵌线有两种方法，空槽3、7、11、15不计入嵌线顺序。

(1) 交叠法　先嵌1槽(沉边)向后退，空出1槽后，再嵌1槽。吊边数为2。嵌线顺序见下表：

表1.1.2(a)　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
嵌入槽号	沉边	1	14	12		9		6		4			
	浮边				2		16		13		10	8	5

(2) 整嵌法　嵌线无需吊边，是逐相分层嵌入相应槽内，使绕组端部形成底、中、面三平面层次的绕组。嵌线顺序见下表：

表1.1.2(b)　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
嵌入槽号	底层	1	8	9	16								
	中层					6	13	14	5				
	面层									12	2	4	10

3. 绕组特点与应用　定子16槽嵌绕单层2极时，每极相槽数($q=2\frac{2}{3}$)为无循环规律分数，故必须取$S=1$，并空出4槽才能安排三相平衡绕组，即每相两个单圈组，从而成为线圈节距不相等的单层链式绕组；此外，4个空槽无法均匀分布于三相，使三相出线相距也不能满足互距120°电角的要求。此绕组铁心有效利用率较低，线圈嵌绕也略有不便，故一般只在利用原有冲模非批量改制专用微型电机时采用。此电机无正规标准产品，仅见用于仪表盘用风扇电动机

1.1.3 12 槽 4 极单层链式(庶极)绕组

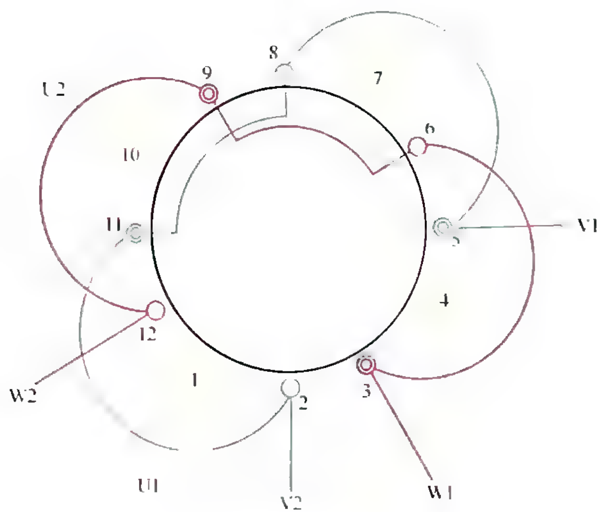


图 1.1.3

1. 绕组参数

定子槽数 $Z=12$　每组圈数 $S=1$　并联路数 $a=1$

电机极数 $2p=4$　极相槽数 $q=1$　线圈节距 $y=1—4$

总线圈数 $Q=6$　绕组极距 $\tau=3$　绕组系数 $K_{dp}=1$

线圈组数 $u=6$　每槽电角 $\alpha=60°$

2. 嵌线方法　由于线圈特少，两种嵌线工艺均可采用

(1) 交叠法　嵌线时，嵌 1 槽隔空 1 槽，再嵌 1 槽，吊边数 1。嵌线顺序见下表(a)：

表 1.1.3(a)　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
嵌入槽号	沉边	1	11		[illegible]		7		5		3		
	浮边			2		12		10		8		6	4

(2) 整嵌法　嵌线时，整嵌 1 线圈，隔开一线圈再嵌 1 线圈，无需吊边，嵌线顺序见表(b)：

表 1.1.3(b)　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
嵌入槽号	下平面	1	4	9	12	5	8						
	上平面							3	6	11	2	7	10

3. 绕组特点与应用　本例为庶极布线，每相由 2 只线圈(组)构成，同相两线圈(组)间接线为顺向串联，即"尾与头"相接，使所有线圈端部的电流方向相同。由于线圈数少，嵌线方便，但仅应用于功率很小的电机，主要应用实例有 400FA3—6 型、400FTAS—6 型等 400mm 排风扇电动机

1.1.4　36 槽 4 极单层叠式(庶极)绕组

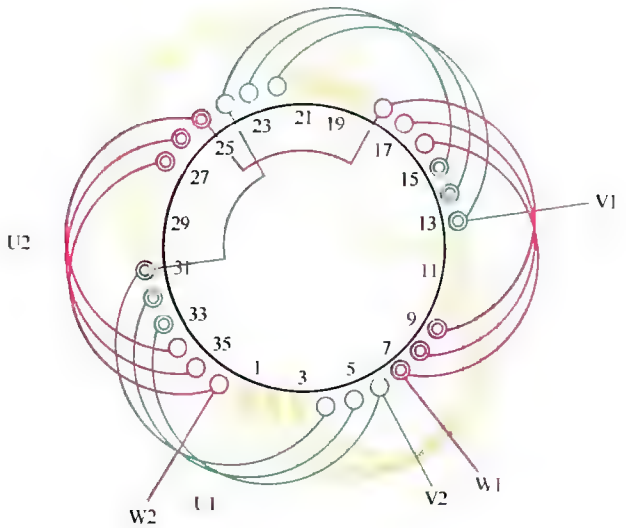


图　1.1.4

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=36$　每组圈数　$S=3$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=4$　极相槽数　$q=3$　线圈节距　$y=1-10$、$2-11$、$3-12$

总线圈数　$Q=18$　绕组极距　$\tau=9$　绕组系数　$K_{dp}=0.96$

线圈组数　$u=6$　每槽电角　$\alpha=20°$

2. 嵌线方法　嵌线可用两种方法：

(1) 交叠法　嵌线时将沉边逐槽嵌入，吊边数 3，从第 4 只线圈起整嵌。嵌线顺序见表(a)：

表 1.1.4(a)　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	沉边	3	2	1	33		32		31		27		26		25		21		20
	浮边					6		5		4		36		35		34		30	

嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	沉边		19		15		14		13		9		8		7				
	浮边	29		28		24		23		22		18		17		16	12	11	10

(2) 整嵌法　嵌线时将 1 组线圈逐个嵌入相应的槽，嵌完第 1 组后，隔开相邻组再嵌第 3 组；完成后构成双平面绕组。嵌线顺序见表(b)：

表 1.1.4(b)　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	3	12	2	11	1	10	27	36	26	35	25	34

嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下平面	15	24	14	23	13	22						
	上平面							9	18	8	17	7	16

嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	上平面	33	6	32	5	31	4	21	30	20	29	19	28

3. 绕组特点与应用　本例采用庶极布线，每相由两组线圈顺串成 4 极；线圈组数较少，嵌线工艺较简单。国外应用于微电机，国内应用较少，仅见于部分厂家生产的 JO2L—32 老系列产品。

1.1.5　48 槽 4 极单层叠式绕组**

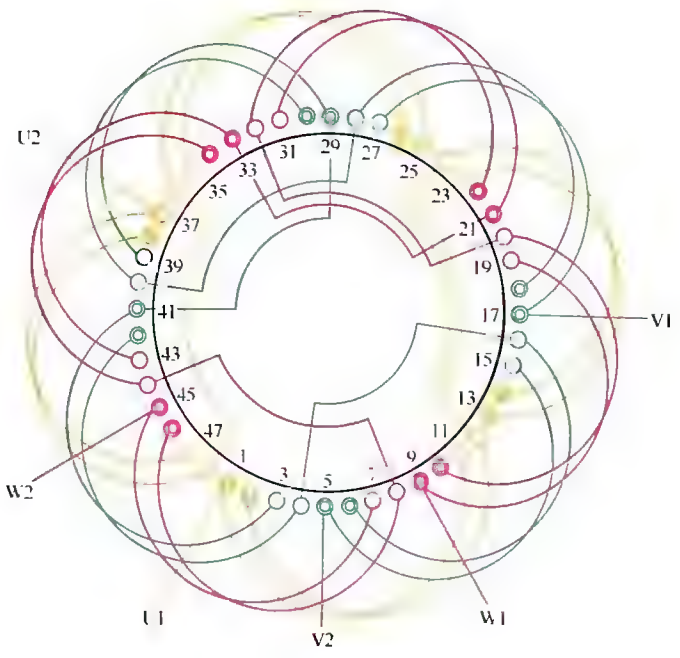


图　1.1.5

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=48$　每组圈数　$S=2$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=4$　极相槽数　$q=4$　线圈节距　$y=1$　11、2 -12

总线圈数　$Q=24$　绕组极距　$\tau=12$　绕组系数　$K_{dp}=0.958$

线圈组数　$u=12$　每槽电角　$\alpha=15°$

2. 嵌线方法　嵌线可采用两种方法，整嵌法嵌线形成三平面端部，通常极少采用；常用交叠嵌线，即嵌 2 槽沉边，空 2 槽再嵌 2 槽，吊边数为 4。嵌线顺序见下表

表 1.1.5　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	沉边	2	1	46	45	12		41		38		37		34		33		30		29		26		25	
	浮边						1		3		18		17		14		43		40		39		36		35
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	沉边	22		21		18		17		14		13		10		9		6		5					
	浮边		32		31		28		27		24		23		20		19		16		15	12	11	8	7

3. 绕组特点与应用　本例采用显极布线，每相有 4 个线圈组，每组由 2 只等节距线圈交叠而成；同相两组线圈极性必须相反，即组间连接是“尾接尾”或“头接头”的反向串联。本例虽是 18 槽 4 极的基本接线型式，但实际应用不多，国内目前主要应用在绕线式转子绕组。

1.1.6　18槽6极单层链式(庶极)绕组

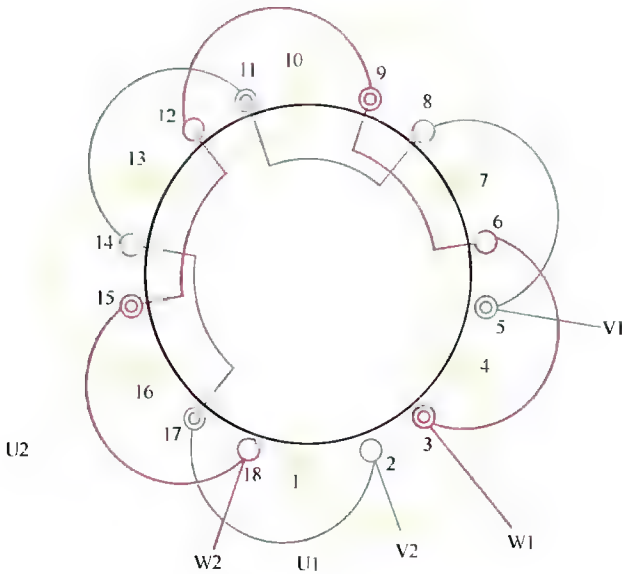


图　1.1.6

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=18$　每组圈数　$S=1$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=6$　极相槽数　$q=1$　线圈节距　$y=1\sim4$

总线圈数　$Q=9$　绕组极距　$\tau=3$　绕组系数　$K_{dp}=1$

线圈组数　$u=9$　每槽电角　$\alpha=60°$

2. 嵌线方法　嵌线本可采用两种方法，但由于$q=$奇数，采用整嵌法构成双平面绕组则有一线圈跨于两平面上，造成绕组端部变形，不甚美观；也给绝缘带来困难，故一般不予采用。若分相整嵌构成二平面绕组，较之交叠嵌线，并无明显优点，也极少采用，故嵌线时多用交叠法。这时吊边数仅为1，从第2个线圈开始整嵌，嵌线顺序见下表：

表1.1.6　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	沉边	1	17		15		13		11		9		7		5		3		
	浮边			2		18		16		14		12		10		8		6	4

3. 绕组特点与应用　本例采用庶极布线，每组仅有1只线圈，每相由3只分布互距120°几何角度的线圈构成，线圈间的连接是顺向串联，即“尾与头”相接，使全部线圈端部电流方向(极性)一致。此绕组具有线圈数少、嵌线方便等优点，主要用于厂房通风的小型电动机，如500FTA4—7型、500FTA3－7型等500mm排风扇电动机。

1.1.7　24槽8极单层交叠(分割式)绕组

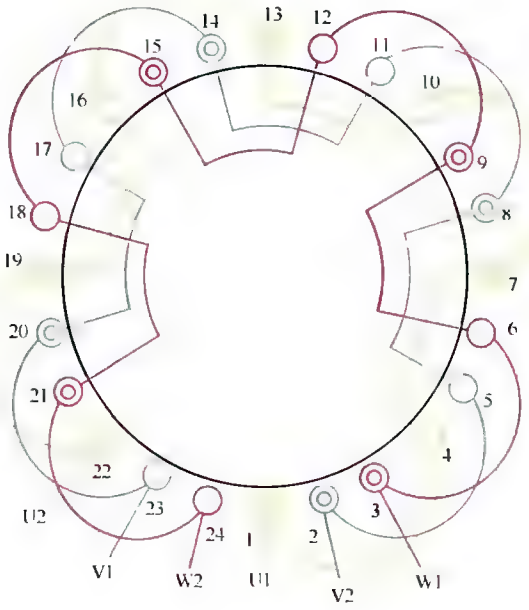


图　1.1.7

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=24$	每组圈数	$S=1$	并联路数	$a=1$
电机极数	$2p=8$	极相槽数	$q=1$	线圈节距	$y=1—4$
总线圈数	$Q=12$	绕组极距	$\tau=3$	绕组系数	$K_{dp}=1$
线圈组数	$u=12$	每槽电角	$\alpha=60°$		

2. 嵌线方法　嵌线可用两种方法：

(1) 交叠法　分片嵌线，吊边数为2。嵌线顺序见下表：

表 1.1.7(a)　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
嵌入槽号	沉边	3	2	1				21	20	19			
	浮边				6	5	4				24	23	22
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	沉边	15	14	13				9	8	7			
	浮边				18	17	16				12	11	10

(2) 整嵌法　逐相分层嵌入形成二平面绕组。嵌线顺序见下表：

表 1.1.7(b)　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
嵌入槽号	底层	1	4	19	22	13	16	7	10				
	中层									3	6	21	24
	面层												
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	底层												
	中层	15	18	9	12								
	面层					2	5	20	23	14	17	8	11

3. 绕组特点与应用　分割式绕组为庶极布线。它可使定子纵向剖开而不损伤线圈；分割最多份数为极对数。它适于特殊的分割式结构的电机中采用。此外别无它优点，故一般电机极少应用，国内无产品。

1.2 三相单层同心式绕组布线接线图

同心式绕组是由同心的大小线圈组合成“回”字形线圈组构成；它的每组线圈数为 $S\geq1$ 的整数。单层同心式绕组是由单叠绕组改变端部连接形式而得，故也有显极布线和庶极布线两种型式。

一、绕组参数

总线圈数：因属单层布线，总圈数为槽数的一半，即 $Q=Z/2$

极相槽数：电动机某相绕组在一极距内所占槽数 $q=Z/2pm$

每组圈数：一组线圈是由相邻几只线圈顺向串联而成；同心式绕组每组的线圈数是相等的，

$$S=Q/u$$

线圈组数：是构成一相绕组的线圈组数，与布线形式有关：

显极 $u=2pm$　　庶极 $u=pm$

绕组极距：是用槽数表示的磁极宽度，即 $\tau=Z/2p$

线圈节距：单层同心式绕组是全距绕组，各同心线圈节距由下式决定：

$$y_1=2q+1 \qquad y_3=y_2+2$$

$$y_2=y_1+2 \qquad y_4=y_3+2$$

绕组系数：单层同心绕组节距系数 $K_p=1$，绕组系数等于分布系数，计算方法同 1.1 节。

绕组可能的最大并联支路数

当　　$q=$奇数　$a_m=p$

$q=$偶数　$a_m=2p$

每槽电角：计算同 1.1 节。

式中　y_1——同心线圈组中最小线圈的节距

其余符号意义见 1.1 节

二、绕组特点

(1) 同心式绕组每组元件(线圈)数相等，且 $S\geq2$ 的整数；

(2) 同一组内元件由节距相差 2 槽的同心线圈组成；

(3) 同心式绕组有显极布线和庶极布线，实用上较多采用庶极布线；如为显极布线，则 q 必须是偶数；

(4) 绕组是单层布线，有较高的槽内有效充填系数，但电磁性能较差；

(5) 线圈组端部安排呈平面，利于采用整嵌法嵌线，故嵌线方便，尤其对大节距的 2 极电机应用；

(6) 线圈端部长，尤其是庶极布线时，平均节距大于显极布线，使绕组多耗线材

三、绕组嵌线

实用中可采用两种嵌线工艺：

1. 整嵌法　　嵌线时将线圈两(有效)边相继嵌入相应槽内，无需吊边。嵌线要点如下：

(1) u—偶数的庶极绕组采用隔组嵌线，即奇数组线圈和偶数组线圈分别构成双平面绕组。

(2) u—奇数的庶极或显极布线，可采用逐相分层构成三平面绕组。

2. 交叠法　　嵌线的基本规律是：嵌入 S 槽，退空 S 槽，再嵌入 S 槽，再退空 S 槽，依次后退嵌线

四、绕组接线规律

显极绕组：相邻线圈组极性相反，同相组间连线是“尾与尾”、“头与头”相接；

庶极绕组：相邻线圈组极性相同，接线是“尾与头”相接

1.2.1　12槽2极单层同心式(庶极)绕组

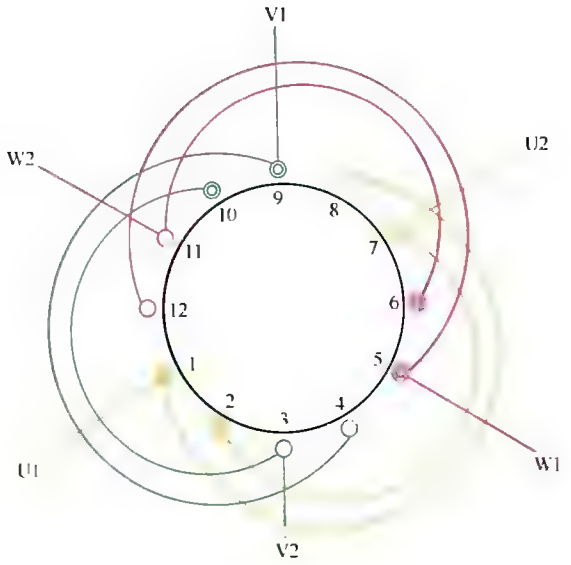


图　1.2.1

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=12$　每组圈数　$S=2$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=2$　极相槽数　$q=2$　线圈节距　$y=1-8$、$2-7$

总线圈数　$Q=6$　绕组极距　$\tau=6$　绕组系数　$K_{dp}=0.966$

线圈组数　$u=3$　每槽电角　$\alpha=30$

2. 嵌线方法　可采用交叠法或整嵌法嵌线

(1) 交叠法　交叠嵌线的绕组端部比较匀称，但需吊起2边嵌，若定子内孔窄小时会感嵌线困难。嵌线顺序见下表：

表 1.2.1(a)　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
嵌入槽号	沉边	2	1	10		9		6		5			
	浮边				3		1		11		12	8	7

(2) 整嵌法　一般只应用于定子内腔狭窄的微电机上。嵌线时是分相整圈嵌入，无需吊边，但绕组端部既不能形成双平面，又不能形成三平面而出现跨于上下平面之间的变形线圈组，使端部层次不分明，且极不美观。嵌线顺序见下表：

表 1.2.1(b)　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
嵌入槽号	下平面	2	7	1	8		11		12				
	上平面					6		5		3	10	4	9

3. 绕组特点与应用　本例采用庶极布线，整套绕组仅3组线圈，每相由一同心双圈组构成，无需组间接线，只用于小功率电机。本绕组除应用于国产JW-5412系列小功率三相异步电动机外，还见于国外进口设备的油泵电动机。

1.2.2 18槽2极单层同心式(庶极)绕组

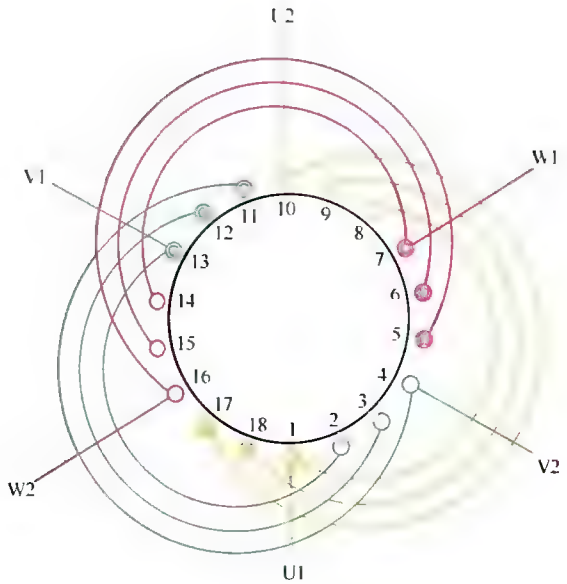


图 1.2.2

1. 绕组参数

定子槽数 $Z=18$　每组圈数 $S=3$　并联路数 $a=1$

电机极数 $2p=2$　极相槽数 $q=3$　线圈节距 $y=1\sim12,2\sim11,3\sim10$

总线圈数 $Q=9$　绕组极距 $\tau=9$　绕组系数 $K_{dp}=0.96$

线圈组数 $u=3$　每槽电角 $\alpha=20^{\circ}$

2. 嵌线方法　嵌线有两种方法：

(1) 交叠法　将绕组沉边逐槽嵌入，吊边数为3，第4只线圈开始整嵌，完成后绕组端部比较规整，是定子内腔较大、铁心长度较短的电机修理首选嵌法。嵌线顺序见下表：

表 1.2.2(a)　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	沉边	1	18	17	13		12		11		7		6		5				
	浮边					2		3		4		14		15		16	10	9	8

(2) 整嵌法　嵌线完成后的绕组端部极不规则，有一相线圈跨于两平面之间。由于嵌线不用吊边，一般只适用于铁心较长且内腔窄小的定子

表 1.2.2(b)　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下平面	1	8	18	9	17	10	13		12		11							
	上平面								2		3		4	7	14	6	15	5	16

3. 绕组特点与应用　绕组系庶极布线，每相只有一线圈组，每组由3只同心线圈组成，无需接线。一般都设计成Y形联结，把星点连接于机内，抽出三根引线，如S3M-38型磨管机用三相异步电动机、B11型平板振动器异步电动机等采用此绕组。

1.2.3　24槽4极单层同心式(庶极)绕组**

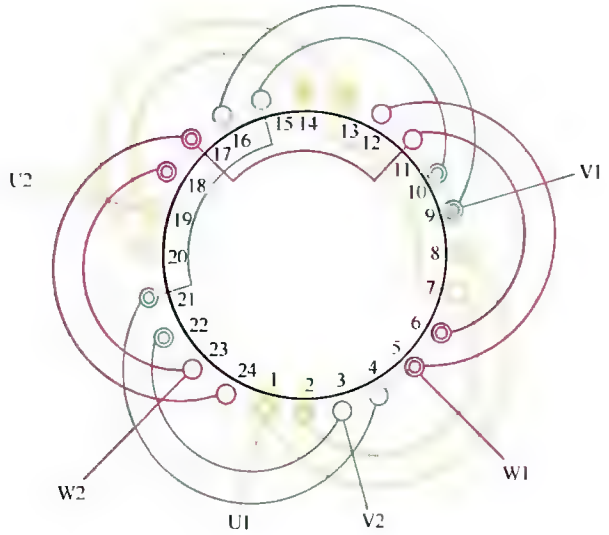


图　1.2.3

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=24$　每组圈数　$S=2$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=4$　极相槽数　$q=2$　线圈节距　$y=1\sim8$、$2\sim7$

总线圈数　$Q=12$　绕组极距　$\tau=6$　绕组系数　$K_{dp}=0.966$

线圈组数　$u=6$　每槽电角　$\alpha=30°$

2. 嵌线方法　嵌线可采用两种方法：

(1) 交叠法　交叠嵌线是先嵌沉边，吊边2个，从第3只线圈起嵌入沉边后可相继把浮边嵌入。嵌线顺序见下表：

表 1.2.3(a)　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	沉边	2	1	22		21		18		17		11		13		10		9		6		5			
	浮边				3		4		23		21		19		20		15		16		11		12	8	7

(2) 整嵌法　整圈嵌线是隔组嵌入，使1、3、5组端部处于同一平面，而2、4、6组则为另一平面并处其上层；每组嵌线则先嵌小线圈再嵌大线圈。嵌线顺序见下表：

表 1.2.3(b)　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	底层	2	7	1	8	18	23	17	24	10	15	9	16												
	面层													6	11	5	12	22	3	21	1	14	19	13	20

3. 绕组特点与应用　本例采用庶极布线，每相由两组线圈组成，每组由同心双圈顺串而成；组间是"尾与头"相接，使两组线圈极性相同。此绕组线圈数少，嵌接线较方便，在国外产品中多有应用，如原(苏)产品A31 4型、A032 4型、A02 21 4型等三相异步电动机，国产型号有A02 7124小功率三相异步电动机都采用本例绕组

1.2.4　36槽4极单层同心式(庶极)绕组

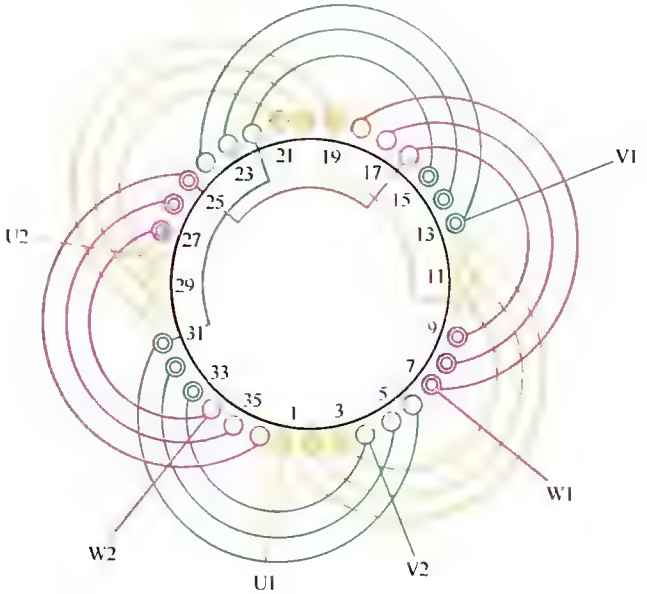


图　1.2.4

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=36$　每组圈数　$S=3$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=4$　极相槽数　$q=3$　线圈节距　$y=1-12$,$2-11$,$3-10$

总线圈数　$Q=18$　绕组极距　$\tau=18$　绕组系数　$K_{dp}=0.96$

线圈组数　$u=6$　每槽电角　$\alpha=20°$

2. 嵌线方法　　嵌线可用两种方法：

(1) 交叠法　　交叠嵌线时嵌3槽、空3槽，再嵌3槽，吊边数为3。嵌线顺序见下表：

表 1.2.4(a)　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	沉边	3	2	1	33		32		31		27		26		25		21		20
	浮边					4		5		6		34		35		36		28	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	沉边		19		15		14		13		9		8		7				
	浮边	29		30		22		23		24		16		17		18	10	11	12

(2) 整嵌法　　采用隔组嵌入，使6组线圈分置于两平面上。嵌线顺序见下表：

表 1.2.4(b)　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	3	10	2	11	1	12	27	34	26	35	25	36	15	22	14	23	13	24
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	上平面	9	16	8	17	7	18	33	4	32	5	31	6	21	28	20	29	19	30

3. 绕组特点与应用　　本例绕组采用庶极布线，每相由两组同心三圈组构成，组间连接是顺向串联。具有线圈组较小，布接线方便等特点。此绕组在国内极少应用，主要见于国外产品，如原(苏)AK—51-4型绕线式三相异步电动机定子绕组、AOJ2-32-6/4极双绕组双速电动机中的4极绕组都采用本例。

1.2.5　36 槽 6 极单层同心式(庶极)绕组**

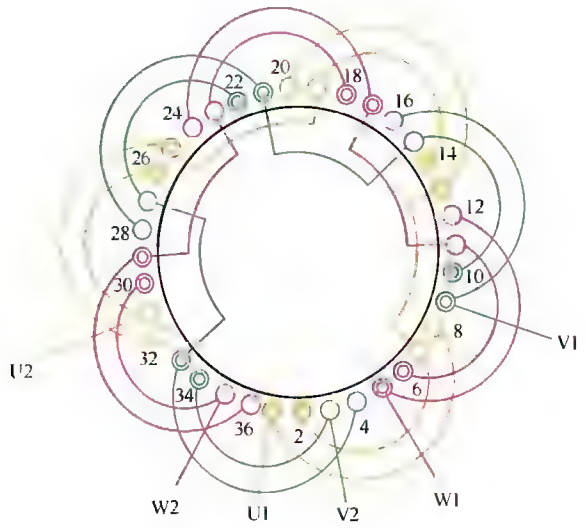


图　1.2.5

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=36$　每组圈数　$S=2$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=6$　极相槽数　$q=2$　线圈节距　$y=1-8$、$2-7$

总线圈数　$Q=18$　绕组极距　$\tau=6$　绕组系数　$K_{dp}=0.966$

线圈组数　$u=9$　每槽电角　$\alpha=30°$

2. 嵌线方法　绕组可采用交叠法或整嵌法嵌线。交叠法嵌线需吊边 2 个，嵌线方法可参考图 1.2.6 例；本例是用整嵌法，即嵌线时整圈嵌入小线圈，再嵌大线圈，嵌好后隔不同相二组不嵌，而嵌同相下一组，类此嵌完一相后，再嵌第二相、第三相，使之构成三平面绕组。嵌线顺序如下表：

表 1.2.5　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	底层	2	7	1	8	26	31	25	32	14	19	13	20						
	中层													6	11	5	12	30	35
	面层																		
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	底层																		
	中层	29	36	18	23	17	24												
	面层							10	15	9	16	34	3	33	1	22	27	21	28

3. 绕组特点与应用　本例采用庶极布线，每相 3 组线圈顺接串联构成 6 极。此绕组在国内极少应用，国外应用较多。如原(苏)的 MTKB311—6 型绕线式转子、AOП2-31—6 4 极双速、AOП2-31-6 4 2 极三速中的 6 极绕组均采用此绕组。

1.2.6　36槽6极($a=3$)单层同心式(庶极)绕组**

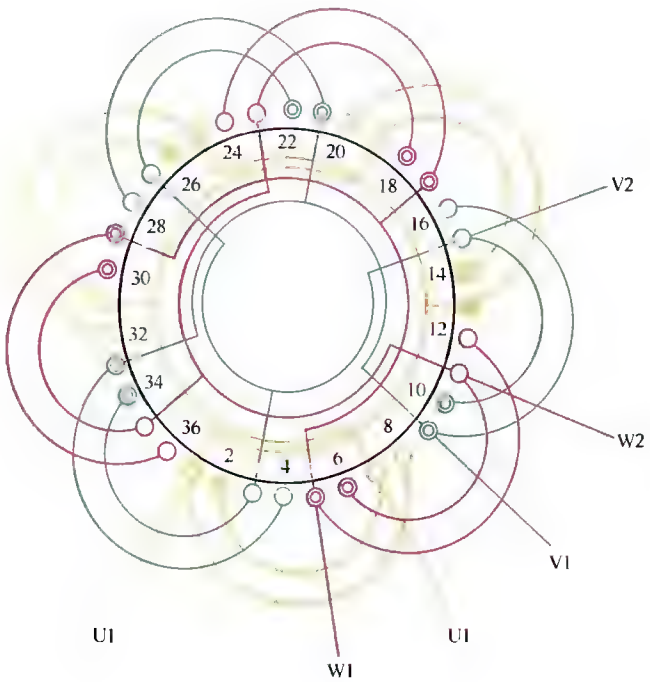


图　1.2.6

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=36$　每组圈数　$S=2$　并联路数　$a=3$

电机极数　$2p=6$　极相槽数　$q=2$　线圈节距　$y=1\cdot 8、2\ 7$

总线圈数　$Q=18$　绕组极距　$\tau=6$　绕组系数　$K_{dp}=0.966$

线圈组数　$u=9$　每槽电角　$\alpha=30°$

2. 嵌线方法　绕组嵌线有两种方法，整嵌法可参考上例，而交叠嵌线时嵌2槽、空2槽，吊边数为2，从第3只线圈起可整嵌。嵌线顺序见下表：

表 1.2.6　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	沉边	2	1	34		32		30		29		26		25		22		21	
	浮边				3		4		35		36		31		32		27		28
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	沉边	18		17		14		13		10		9		6		5			
	浮边		23		24		19		20		15		16		11		12	7	8

3. 绕组特点与应用　本绕组用庶极布线，但为二路并联，故在一相绕组中，将3组线圈的头端并接作为相头，同样尾端并联作相尾。三相接法相同。此绕组极少在国内应用，仅见于原(苏)MTM312—6型三相绕线式电动机的转子绕组

1.2.7　48槽8极($a=2$)单层同心式(庶极)绕组**

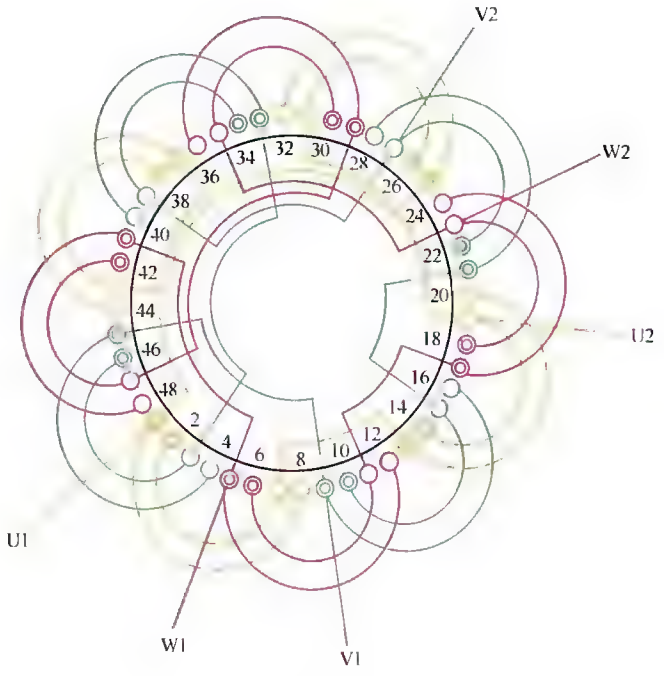


图　1.2.7

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=48$　每组圈数　$S=2$　并联路数　$a=2$

电机极数　$2p=8$　极相槽数　$q=2$　线圈节距　$y=1—8、2—7$

总线圈数　$Q=24$　绕组极距　$\tau=6$　绕组系数　$K_{dp}=0.966$

线圈组数　$u=12$　每槽电角　$\alpha=30°$

2. 嵌线方法　本例嵌线可采用交叠法或整嵌法。交叠嵌线需吊边2槽，嵌线时嵌2槽空2槽，嵌线顺序可参考上例。整嵌法是将一组嵌入相应槽内，隔开第2组不嵌，再嵌第3组，即隔组嵌线，最后构成双平面绕组。嵌线顺序见下表：

表 1.2.7　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入	底层	2	7	1	8	42	47	41	48	34	39	33	10	26	31	25	32	18	23	17	24	10	15	9	16
槽号	面层																								
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入	底层																								
槽号	面层	6	11	5	12	46	3	45	1	38	43	37	44	30	35	29	36	22	27	21	28	14	19	13	20

3. 绕组特点与应用　绕组采用庶极布线，二路并联，每相1个线圈组分两路短跳串联后并为二路，两路采用反方向走线，但必须使所有线圈的极性一致，以使每组线圈通电后形成相同极性。本例在国内产品没有应用实例，见用于原(苏)MTM511—8型三相绕组转子异步电动机转子绕组。

1.2.8　72槽6极($a=2$)单层同心式绕组

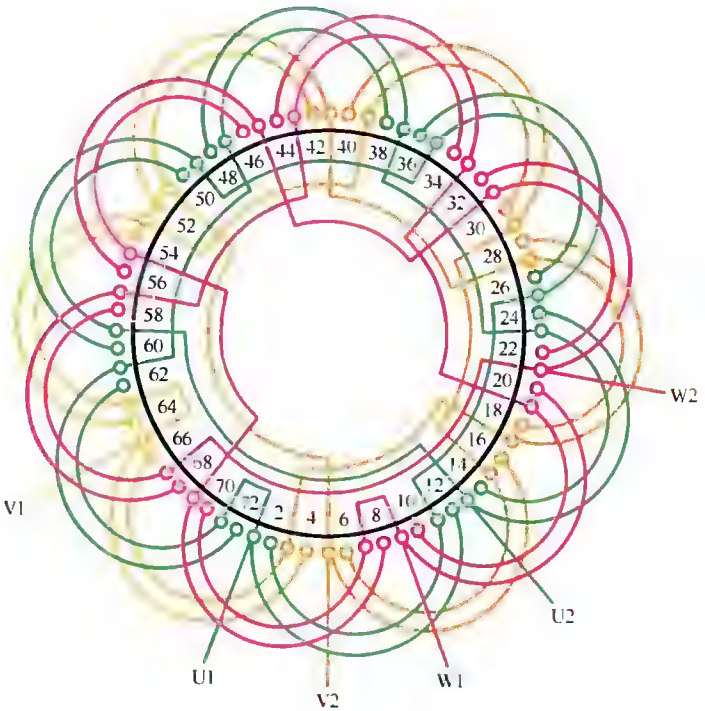


图　1.2.8

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=72$　每组圈数　$S=2$　并联路数　$a=2$

电机极数　$2p=6$　极相槽数　$q=4$　线圈节距　$y=11$、9

总线圈数　$Q=36$　绕组极距　$\tau=12$　绕组系数　$K_{dp}=0.958$

线圈组数　$u=18$　每槽电角　$\alpha=15°$

2. 嵌线方法　本绕组是显极布线，嵌线方法有两种：一是交叠法，需要吊边，但端部较整齐、美观，是实践中常用的嵌法；另一种是整嵌，无需吊边，但端部较厚。嵌线顺序见下表

表 1.2.8　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	2	1	70	69	66		65		62		61		58		57		54	
	浮边						3		4		71		72		67		68		63
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	…			46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	沉边	53		50		49		…			25		22		21		18		
	浮边		64		59		60	…			35		36		31		32		27
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	沉边	19		14		13		10		9		6		5					
	浮边		28		23		24		19		20		15		16	11	12	7	8

3. 特点与应用　本例系显极布线，每相由6组同心线圈构成，分两个支路接线，每支路3组线圈，采用长跳接线，即把3组同极性线圈按逆时向顺串为一路；再从另一方向把反极性3组串为另一路。这样可使同相相邻的线圈组获得反极性　本绕组可用于绕线式转子，主要应用有JTD-430双速的配套绕组

1.2.9　72 槽 6 极($a=3$)单层同心式绕组

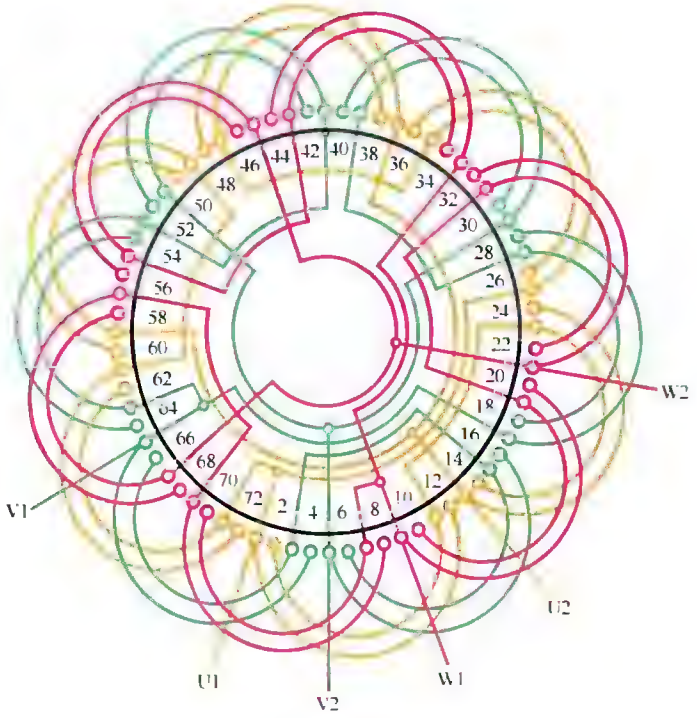


图　1.2.9

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=72$　每组圈数　$S=2$　并联路数　$a=3$

电机极数　$2p=6$　极相槽数　$q=4$　线圈节距　$y=11$、9

总线圈数　$Q=36$　绕组极距　$\tau=12$　绕组系数　$K_{dp}=0.958$

线圈组数　$u=18$　每槽电角　$\alpha=15°$

2. 嵌线方法　本例采用分相整嵌，构成三平面绕组。嵌线顺序见下表

表 1.2.9　分相整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	2	11	1	12	62	71	61	72	50	59	49	60	38	47	37	48	26	35
	中平面																		
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下平面	25	36	14	23	13	24												
	中平面							66	3	65	4	54	63	53	64	42	51	41	52
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	中平面	30	39	29	40	18	27	17	28	6	15	5	16						
	下平面													70	7	69	8	58	67
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	中平面																		
	下平面	57	68	46	55	15	56	34	43	33	44	22	31	21	32	10	19	9	20

3. 特点与应用　本例为显极绕组，每相 6 组线圈，每组由 2 只同心线圈组成，相邻两组反向串联形成一支路，从而构成三路并联。主要应用于电梯双绕组双速的配套绕组

1.3 三相单层交叉式绕组布线接线图

所谓交叉式即每极相槽数 $q=3、5、7$ 等为奇数，且每组线圈数为带分数(如 $1\frac{1}{2}$、$2\frac{1}{2}$ 等)时，所构成的单层绕组称交叉式绕组；也就是说，交叉式绕组是由不相等的两种线圈组(如单、双圈，双、三圈)构成的根据线圈组的结构又有两种型式：一种是采用等距线圈的交叠式；另一种是带同心线圈组的同心交叉式。其实，交叉式绕组属于单层布线的分数绕组。

一、绕组参数

总线圈数：是三相绕组线圈总和，因系单层布线，故总线圈数为 $Q=Z/2$

极相槽数：电动机每一极距所占槽数 $q=Z/2pm$

每组圈数：每线圈组内元件(线圈)数，交叉式绕组每组有不等的大、小联线圈：

$$\text{大联圈数：}S_d=Q/u+1/2$$

$$\text{小联圈数：}S_x=Q/u-1/2$$

线圈组数：庶极布线为显极布线的一半。

即

$$\text{显极：}u=2pm$$

$$\text{庶极：}u=pm$$

绕组极距：它等于绕组每极所占槽数 $\tau=Z/2p$

绕组系数：参考 1.1 节计算。

每槽电角：参考 1.1 节计算。

绕组最大可能并联支路数 $a_m=u/2$

式中各符号意义参考 1.1 节。

二、绕组特点

(1) 单层交叉式绕组也有用庶极布线，但实用上多为显极绕组；

(2) 每组线圈数和节距都不等，但仍属全距绕组($K_p=1$)，而线圈平均节距较短，用线较节省；

(3) 单层交叉式有四种布线型式，详见(新 2 版)；

(4) 单层同心交叉式是由交叉式演变而成的特殊结构，它同时具有交叉式和同心式的绕组特征；

(5) 交叉式绕组布线端部紧密而美观；而同心交叉式则因同组线圈端部处于同一平面而便于布线；

(6) 同心交叉式绕组端部厚度较小而便于整形，但漏磁增加，而且线圈规格多，故其实际应用相对较少。

三、绕组嵌线

绕组的嵌线可有交叠法和整嵌法两种，由于交叉式绕组线圈组本身就交叉重叠，一般仅用交叠法嵌线；但交叉式的庶极绕组和同心线圈组，则宜用整嵌法。

四、绕组接线

(1) 显极绕组　相邻线圈组极性相反，即同相相邻组间是“尾与尾”或“头与头”相接。

(2) 庶极绕组　相邻线圈组极性相同，即全部线圈电流方向一致，故组间串联是“尾与头”相接。

1.3.1　18槽4极单层交叉式(庶极)绕组

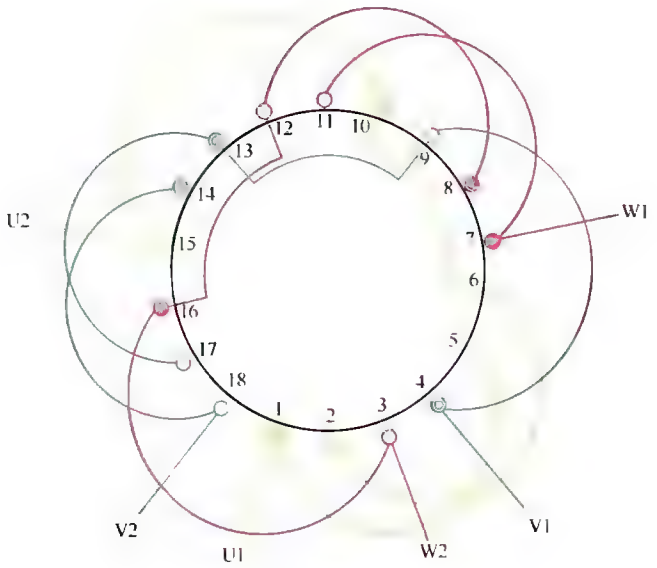


图　1.3.1

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=18$　每组圈数　$S=1\frac{1}{2}$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=4$　极相槽数　$q=1\frac{1}{2}$　线圈节距　$y=1-5$、$2-6$、$10-15$

总线圈数　$Q=9$　绕组极距　$\tau=4\frac{1}{2}$　绕组系数　$K_{dp}=0.96$

线圈组数　$u=6$　每槽电角　$\alpha=40°$

2. 嵌线方法　本例为不等距庶极布线，嵌线方法有两种：

(1) 交叠法　嵌线需吊2边，如从双圈始嵌则嵌线顺序见下表：

表 1.3.1(a)　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	沉边	2	1	16		14		13		10		8		7		4			
	浮边				3		18		17		15		12		11		9	6	5

(2) 整嵌法　嵌线无需吊边，通常是先嵌大联组于下平面，再嵌单圈组于其上。嵌线顺序见下表：

表 1.3.1(b)　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下平面	2	6	1	5	14	18	13	17	8	12	7	11						
	上平面													4	9	16	3	10	15

3. 绕组特点与应用　绕组由大联节距 $y_1=1-5$ 的交叠双圈和小联节距 $y_2=1-6$ 的单圈构成，线圈组间连接是顺向串联，所有线圈极性均相同。本例绕组线圈组数少，嵌线工艺特别是用整嵌法时更显简便，且省工时，在国外产品中常有应用，但国内极为罕见，曾见于JW07A-1型小功率三相异步电动机有用此绕组。

1.3.2　18槽4极单层同心交叉式(庶极)绕组

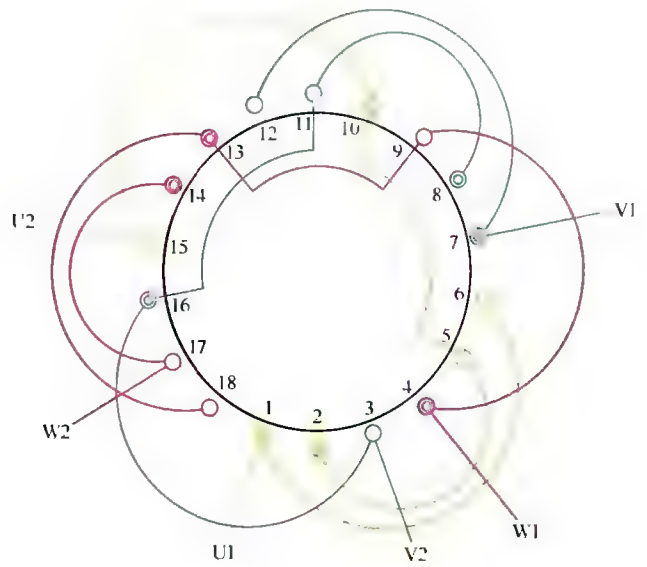


图　1.3.2

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=18$　每组圈数　$S=1\frac{1}{2}$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=4$　极相槽数　$q=1\frac{1}{2}$　线圈节距　$y=1\ 6、2\ 5、10\ 15$

总线圈数　$Q=9$　绕组极距　$\tau=4\frac{1}{2}$　绕组系数　$K_{dp}=0.96$

线圈组数　$u=6$　每槽电角　$\alpha=40°$

2. 嵌线方法　　嵌线可用整嵌法或交叠法：

(1) 整嵌法　　整圈嵌线是隔组嵌入，即先嵌双圈后嵌单圈，完成后绕组端部形成层次清楚的双平面；嵌线无需吊边，嵌线方便，是本绕组嵌线的首选方法。嵌线顺序见表(a)：

表 1.3.2(a)　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	底层	2	5	1	6	11	17	13	18	8	11	7	12						
	面层													1	9	16	3	10	15

(2) 交叠法　　嵌线需吊2边，嵌线顺序见表(b)：

表 1.3.2(b)　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	沉边	2	1	16		14		13		10		8		7		1			
	浮边				3		17		18		15		11		12		9	5	6

3. 绕组特点与应用　　本例采用庶极布线，绕组由单、双圈联组成，每相两组是顺向串联，使其极性相同。绕组的线圈组数少，尤其采用整圈嵌线时嵌绕工艺方便省时，是国外电机常用的绕组型式之一，但国内极少使用，仅见于JW—07—4小功率电动机。

1.3.3　54槽6极单层同心交叉式绕组

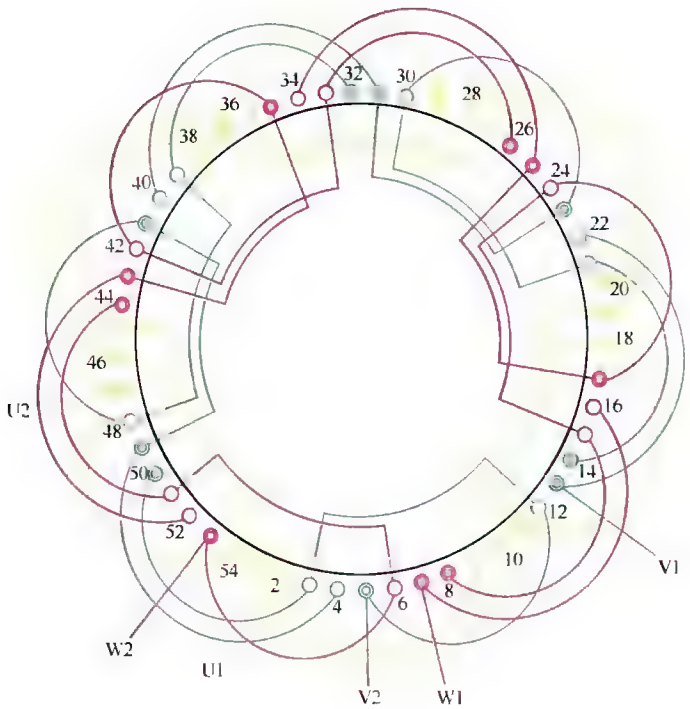


图　1.3.3

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=54$　每组圈数　$S=1\frac{1}{2}$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=6$　极相槽数　$q=3$　线圈节距　$y=1$　10,2　9,11　18

总线圈数　$Q=27$　绕组极距　$\tau=9$　绕组系数　$K_{dp}=0.96$

线圈组数　$u=18$　每槽电角　$\alpha=20°$

2. 嵌线方法　嵌线可用整嵌法或交叠法。整圈嵌线是逐相分层嵌入，形成三平面绕组，嵌线顺序见下表：

表 1.3.3　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	底层	2	9	1	10	47	54	38	15	37	46	29	36	20	27	19	28	11	18
	中层																		
	面层																		
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	底层																		
	中层	8	15	7	16	53	6	44	51	43	52	35	12	26	33	25	34	17	24
	面层																		
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	底层																		
	中层																		
	面层	14	21	13	22	5	12	50	3	49	4	41	48	32	39	31	40	23	30

3. 绕组特点与应用　本例为显极式布线，绕组由单、双同心圈交替轮换；每相由6组单、双圈构成，同相组间接线是反接串联。主要应用实例有JR-115-6绕线式转子

1.3.4　36 槽 8 极单层交叉式(庶极)绕组

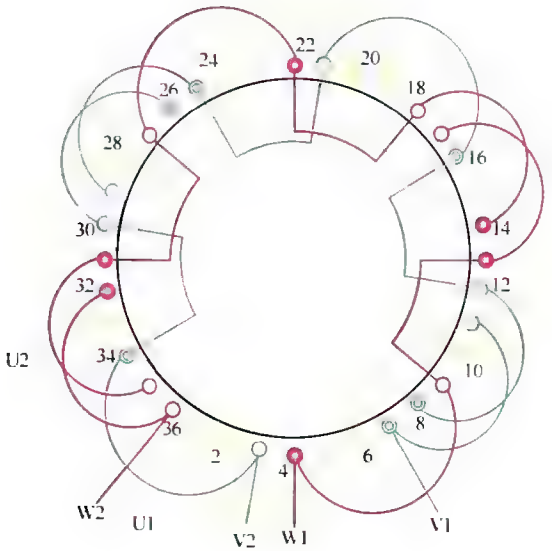


图　1.3.4

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=36$　每组圈数　$S=1\frac{1}{2}$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=8$　极相槽数　$q=1\frac{1}{2}$　线圈节距　$y=1-5$、$2-6$、$10-15$

总线圈数　$Q=18$　绕组极距　$\tau=4\frac{1}{2}$　绕组系数　$K_{dp}=0.96$

线圈组数　$u=12$　每槽电角　$\alpha=40°$

2. 嵌线方法　绕组为庶极布线，嵌线有两种方法：

(1) 交叠法　嵌线吊边数为 2，通常从双圈组起嵌，嵌线顺序见表(a)：

表 1.3.4(a)　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	2	1	34		32		31		28		26		25		22		20	
	浮边				3		36		35		33		30		29		27		24
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	沉边	19		16		14		13		10		8		7		4			
	浮边		23		21		18		17		15		12		11		9	6	5

(2) 整嵌法　整圈嵌线无需吊边，先将大联组嵌入相应槽中形成下平面，完成后垫好绝缘再把单圈组按图中相应槽嵌入，从而构成双平面绕组，嵌线顺序见表(b)：

表 1.3.4(b)　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	2	6	1	5	32	36	31	35	26	30	25	29	20	24	19	23	14	18
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下平面	13	17	8	12	7	11												
	上平面							4	9	34	3	28	33	22	27	16	21	10	15

3. 绕组特点与应用　本例采用不等距庶极布线，绕组由节距 $y_D=4$ 的双圈大联和 $y_X=5$ 的单圈小联构成，同相组间为顺向串联。绕组采用整嵌时工艺简便，但实际应用不多，仅见于 JG2-42　8 型辊道用三相异步电动机。

1.3.5　60槽8极单层同心交叉式(庶极)绕组**

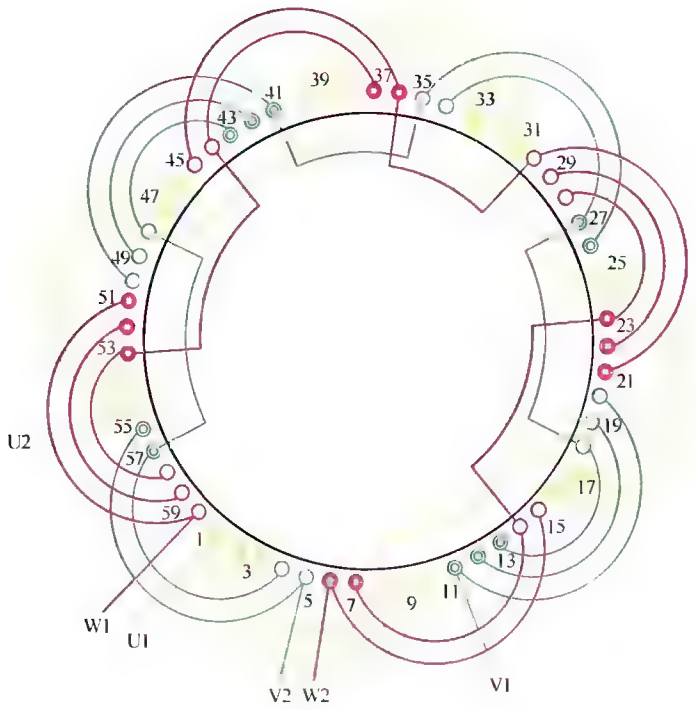


图　1.3.5

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=60$　每组圈数　$S=2\frac{1}{2}$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=8$　极相槽数　$q=2\frac{1}{2}$　线圈节距　y—1—10、2—9、3—8、16—25、17—24

总线圈数　$Q=30$　绕组极距　$\tau=7\frac{1}{2}$

线圈组数　$u=12$　每槽电角　$\alpha=24^{\circ}$　绕组系数　$K_{dp}=0.957$

2. 嵌线方法　本例为庶极布线，采用隔组嵌入，先嵌三圈联于底，再嵌双圈联于上，构成双平面分置。嵌线顺序见下表：

表 1.3.5　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
嵌入槽号	底层	3	8	2	9	1	10	53	58	52	59	51	60	43	48	42	49	41	50	33	38
	面层																				
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	10
嵌入槽号	底层	32	39	31	40	23	28	22	29	21	30	13	18	12	19	11	20				
	面层																	7	14	6	15
嵌绕次序		41	42	13	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
嵌入槽号	底层																				
	面层	57	4	56	5	47	54	46	55	37	44	36	45	27	34	26	35	17	24	16	25

3. 绕组特点与应用　本绕组是庶极布线，大联由3只同心圈、小联由2只同心圈组成，每相4组大小联交替分布，并顺向串联成同极性线圈组。主要用于转子绕组，应用实例有AK—61 8型绕线式转子改绕使用

1.3.6　72槽8极($a=2$)单层交叉式绕组

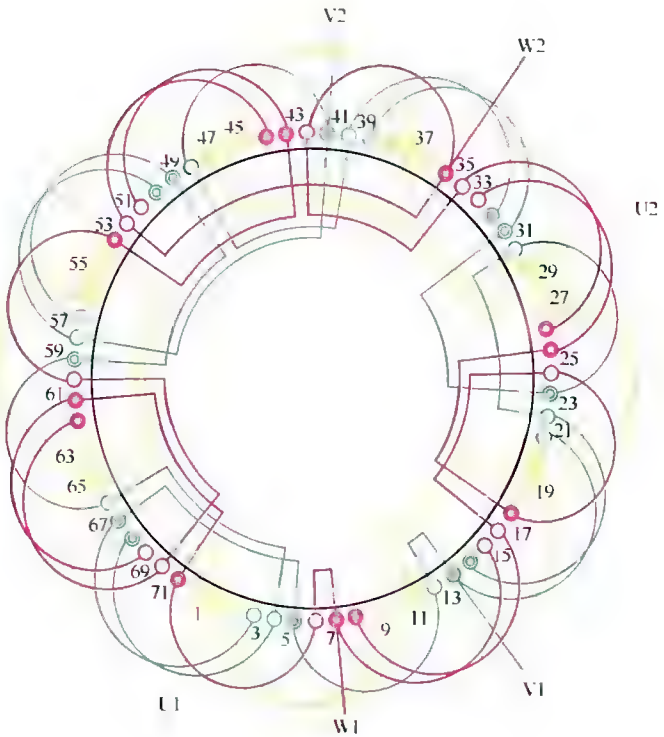


图　1.3.6

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=72$　每组圈数　$S=1\frac{1}{2}$　并联路数　$a=2$

电机极数　$2p=8$　极相槽数　$q=3$　线圈节距　$y=1-9,2-10,11-18$

总线圈数　$Q=36$　绕组极距　$\tau=9$　绕组系数　$K_{dp}=0.96$

线圈组数　$u=24$　每槽电角　$\alpha=10°$

2. 嵌线方法　本例为不等距布线，交叠法嵌线是嵌2空1、嵌1空2，吊边数为3，嵌线顺序见下表：

表 1.3.6　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	沉边	2	1	71	68		67		65		62		61		59		56		55		53		50		19
	浮边					1		3		72		70		69		66		64		63		60		58	
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	沉边		17		14		13		41		38		37		35		32		31		29		26		25
	浮边	57		54		52		51		48		16		45		42		40		39		36		31	
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
嵌入槽号	沉边		23		20		19		17		14		13		11		8		7		5				
	浮边	33		30		28		27		24		22		21		18		16		15		12	10	9	6

3. 绕组特点与应用　绕组由节距 $y_D=8$ 的双圈大联组与 $y_X=7$ 的单圈小联组构成，采用显极布线，每相有8组线圈，其中大、小联相等，均为4组，大、小联交替轮换安排，每相分两支路反向走线，每支路有4组线圈，按"尾与尾"或"头与头"相接，即同相相邻线圈组极性相反。此绕组在国内较少应用，曾见用于JZR2-41-8冶金、起重型电动机

1.3.7　72槽8极($a=4$)单层交叉式绕组**

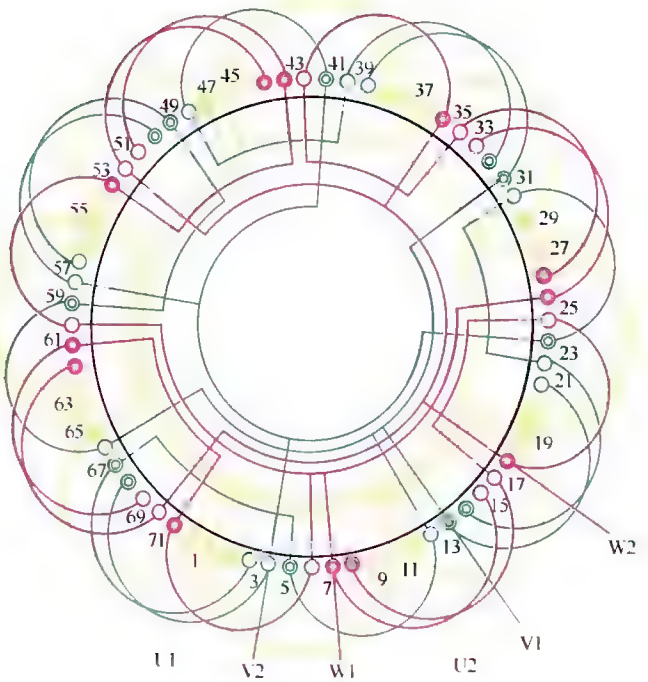


图　1.3.7

1. 绕组参数

定子槽数 $Z=72$　每组圈数 $S=1\frac{1}{2}$　并联路数 $a=4$

电机极数 $2p=8$　极相槽数 $q=3$　线圈节距 $y=1—9,2—10,11-18$

总线圈数 $Q=36$　绕组极距 $\tau=9$　绕组系数 $K_{dp}=0.96$

线圈组数 $u=24$　每槽电角 $\alpha=10°$

2. 嵌线方法　绕组布线与上例相同，嵌线可参考表1.3.6顺序嵌线；若习惯用前进式嵌线工艺者，可依下表进行：

表 1.3.7　交叠法(前进式嵌线)

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	沉边	9	10	12	15		16		18		21		22		24		27		28
	浮边					7		8		11		13		14		17		19	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	沉边		30		33		31		36		39		40		12		45		46
	浮边	20		23		25		26		29		31		32		35		37	
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	沉边		18		51		52		54		57		58		60		63		64
	浮边	38		41		43		44		47		49		50		53		55	
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
嵌入槽号	沉边		66		69		70		72		3		4		6				
	浮边	56		59		61		62		65		67		68		71	1	2	

注：本例图中单圆表示沉边；双圆表示浮边

3. 绕组特点与应用　本例采用不等距显极布线，大联组为双圈，小联组是单圈，每相分别由4个大、小联构成，并分4路并联，每支路为一单、双圈组反极性串联，使同相相邻线圈组极性相反。本例主要用于转子绕组，曾见用于JZR2—51—8冶金起重用异步电动机

1.4 三相双层叠式绕组布线接线图

双层叠式绕组是每槽嵌有上、下层线圈边的绕组，它适用于10kW以上的三相异步及同步电机定子，也用于容量不大的绕线式转子，是三相电机应用最为普遍的绕组型式。

一、绕组参数

双层叠绕组基本参数关系如下：

(1) 总线圈数 $Q=Z$

(2) 线圈组数 $u=2pm$

(3) 每组圈数 $S=Q/u$

(4) 绕组极距 $\tau=Z/2p$

(5) 绕组系数 $K_{dp}=K_dK_p=\dfrac{0.5}{q\sin\left(\dfrac{30^\circ}{q}\right)}\sin\left(90^\circ\dfrac{y}{\tau}\right)$

式中 Z——槽数；

$2p$——电机极数；

m——电机绕组相数；

K_d——绕组分布系数；

K_p——绕组节距系数；

q——每极每相所占槽数，$q=Z/2pm$；

y——绕组采用的线圈节距，槽。

二、绕组特点

(1) 每槽嵌有不同线圈的上、下层有效边；同槽上、下层的线圈可以同相，也可以不同相，故必须衬垫层间绝缘；

(2) 线圈可选用短节距，使磁场接近于正弦分布，从而改善电机的运行性能；

(3) 电机常用整数槽绕组，但也有采用分数槽绕组，以减少齿谐波造成的磁场畸变；

(4) 全部线圈元件结构、尺寸相同，便于制造以降低成本，而且端部排列整齐，整形容易；

(5) 双层绕组线圈数较单层多一倍，使嵌绕耗费工时；且槽内存在异相线圈，绝缘工艺较繁。

三、绕组嵌线

绕组采用“吊边”法嵌线，嵌线的一般规律是：先嵌线圈下层边于槽内，另一边吊起暂不嵌入，嵌完一边向后退，顺次嵌至线圈跨距后，其余线圈可逐个整嵌入相应两槽的上、下层；下层边嵌满后，再把原“吊边”嵌入相应槽的上层，直至完成。

四、绕组接线规律

普通电动机采用的双层叠式绕组均为显极式布线，每相线圈组数等于极数。为使绕组形成磁场极对，串联接线的规律是将同相相邻组间的“头与头”或“尾与尾”相接；并联接线规律是同相相邻组的“头与尾”并接，以确保同相相邻线圈组的极性相反。

1.4.1　18槽2极($y=7$)双层叠式绕组

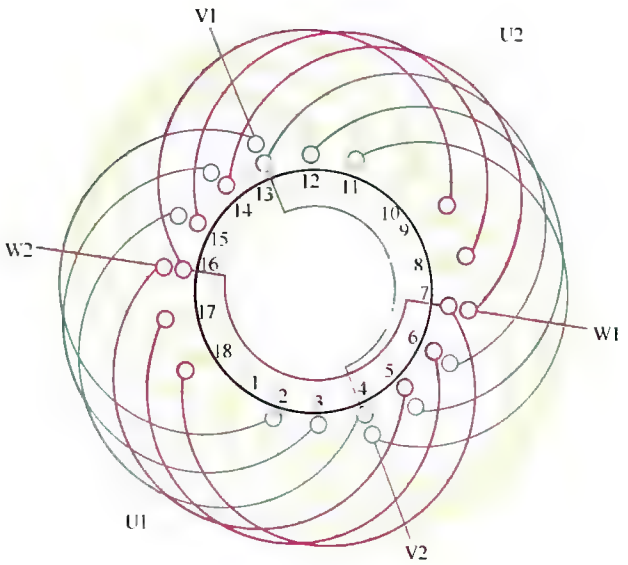


图　1.4.1

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=18$	每组圈数	$S=3$	并联路数	$a=1$
电机极数	$2p=2$	极相槽数	$q=3$	分布系数	$K_d=0.96$
总线圈数	$Q=18$	绕组极距	$\tau=6$	节距系数	$K_p=0.94$
线圈组数	$u=6$	线圈节距	$y=7$	绕组系数	$K_{dp}=0.902$

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为7。嵌线顺序见下表：

表1.4.1　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下层	3	2	1	18	17	16	15	14		13		12		11		10		9
	上层									3		2		1		18		17	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	下层		8		7		6		5		4								
	上层	16		15		14		13		12		11	10	9	8	7	6	5	4

3. 特点与应用　本例为整数槽绕组，每组由3只线圈构成，两组线圈反向串联为一相；引出线6根，但应用于小功率电动机时常将U2、V2、W2连接成星点而引出3根线。此绕组运行性能优于单层绕组，但嵌线相对较困难。主要应用有J3Z-49电钻、JCL012-2小功率电泵及JW-06A-2、JW-08B-2等三相微电机。

1.4.2　18 槽 2 极(y=8)双层叠式绕组

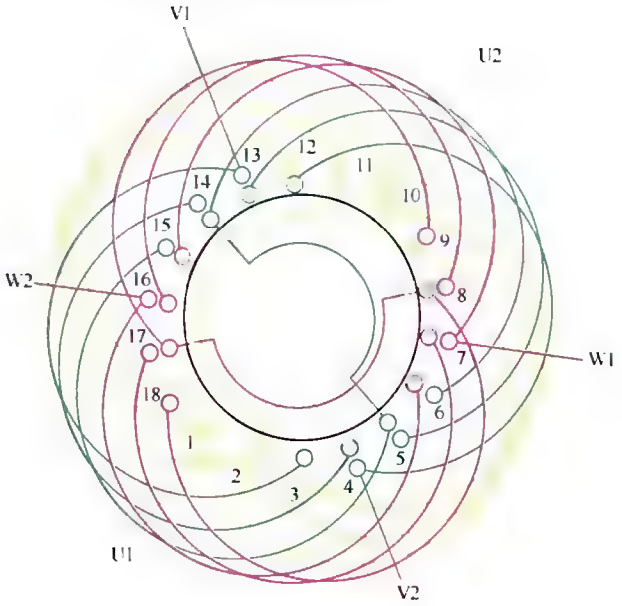


图　1.4.2

1. 绕组参数

定子槽数	Z=18	每组圈数	S=3	并联路数	a=1
电机极数	$2p$=2	极相槽数	q=3	分布系数	K_d=0.96
总线圈数	Q=18	绕组极距	τ=9	节距系数	K_p=0.985
线圈组数	u=6	线圈节距	y=8	绕组系数	K_{dp}=0.946

2. 嵌线方法　采用交叠法嵌线，吊边数为 8。嵌线顺序见下表：

表 1.4.2　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下层	3	2	1	18	17	16	15	14	13		12		11		10		9	
	上层										3		2		1		18		17
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	下层	8		7		6		5		4									
	上层		16		15		14		13		12	11	10	9	8	7	6	5	4

3. 特点与应用　本例绕组结构特点基本同上例，但选用线圈节距长 1 槽，故绕组系数略高；由于 18 槽定子属小电机，节距增长后对嵌线更感困难，一般较少应用。主要实例有 M3L2-950 电链锯等。

1.4.3　24槽2极(y=8)双层叠式绕组

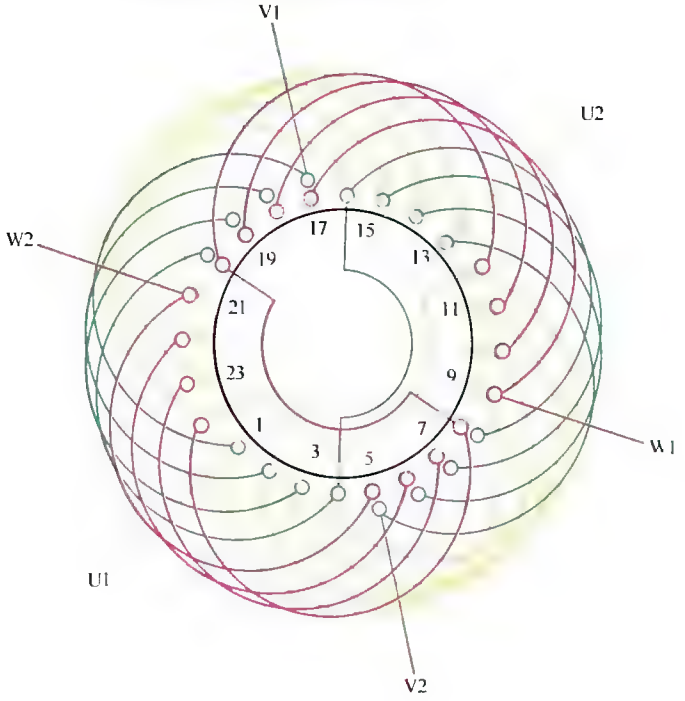


图　1.4.3

1. 绕组参数

定子槽数	Z=24	每组圈数	S=4	并联路数	a=1
电机极数	$2p$=2	极相槽数	q=4	分布系数	K_d=0.958
总线圈数	Q=24	绕组极距	τ=12	节距系数	K_p=0.866
线圈组数	u=6	线圈节距	y=8	绕组系数	K_{dp}=0.83

2. 嵌线方法　绕组用交叠嵌线法，吊边数为8。嵌线顺序见下表：

表 1.4.3　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	4	3	2	1	24	23	22	21	20		19		18		17		16		15		14		13	
	上层										4		3		2		1		24		23		22		21
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层	12		11		10		9		8		7		6		5									
	上层		20		19		18		17		16		15		14		13	12	11	10	9	8	7	6	5

3. 特点与应用　本例绕组属正常节距中最短的一种，极面拓宽到8槽，有利于电动机平稳运行，并使嵌线难度减到最小；但绕组系数低，铁心利用率降低。主要应用实例有三相异步电动机 AO2　32　2、AOC2　32　2等

1.4.4　24槽2极(y=9)双层叠式绕组

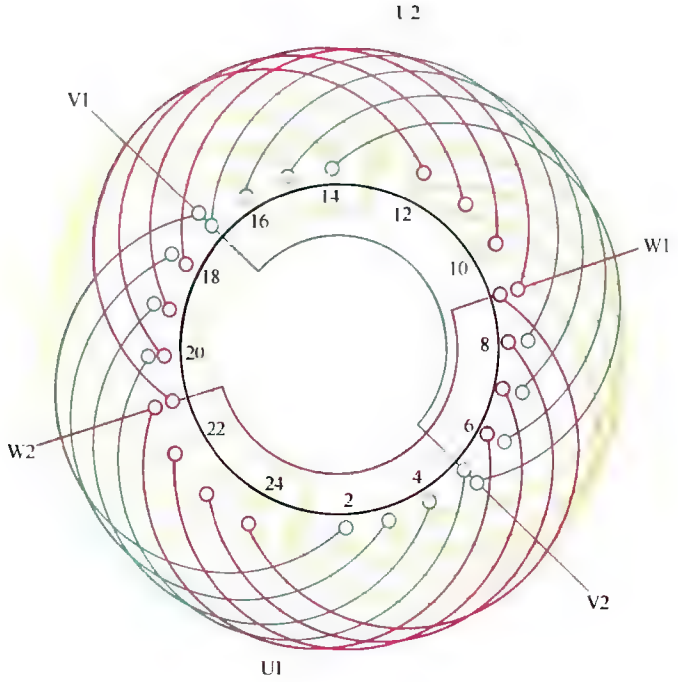


图　1.4.4

1. 绕组参数

定子槽数	Z=24	每组圈数	S=4	并联路数	a=1
电机极数	$2p$=2	极相槽数	q=4	分布系数	K_d=0.958
总线圈数	Q=24	绕组极距	τ=12	节距系数	K_p=0.924
线圈组数	u=6	线圈节距	y=9	绕组系数	K_{dp}=0.885

2. 嵌线方法　绕组采用交叠嵌线法，吊边数为9。嵌线顺序见下表

表 1.4.4　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15		14		13		12		11		10		9		8
	上层											21		23		22		21		20		19		18	
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	16	47	48
嵌入槽号	下层		7		6		5		4		3		2		1										
	上层	17		16		15		14		13		12		11		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　本例绕组每相由2组组成，每组有4只线圈，线圈节距比极距减少3槽；每相只有2槽是同相线圈，其余均为异相槽。绕组节距较短，使嵌线的相对难度减少，主要应用实例有JO4—71、J—61及原(苏)AO2　41—2、AO2—11-　2-　X等三相异步电动机

1.4.5　24槽2极($y=9$、$a=2$)双层叠式绕组**

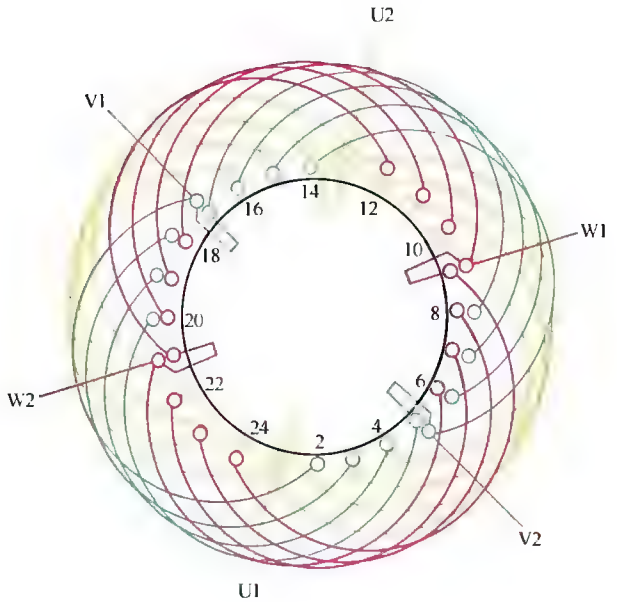


图　1.4.5

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=24$	每组圈数	$S=4$	并联路数	$a=2$
电机极数	$2p=2$	极相槽数	$q=4$	分布系数	$K_d=0.958$
总线圈数	$Q=24$	绕组极距	$\tau=12$	节距系数	$K_y=0.921$
线圈组数	$u=6$	线圈节距	$y=9$	绕组系数	$K_{dp}=0.885$

2. 嵌线方法　采用交叠嵌法线，吊边数为9。嵌线顺序见下表：

表 1.4.5　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下层	4	3	2	1	24	23	22	21	20	19		18		17		16		15
	上层											4		3		2		1	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	下层		14		13		12		11		10		9		8		7		6
	上层	24		23		22		21		20		19		18		17		16	
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	下层		3																
	上层	15		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5						

3. 特点与应用　本例绕组特点基本同上例，但采用二路并联，接线时要确保同相两组线圈极性相反，应如图所示将每相中的同相槽的两个不同极性(即分别为两线圈组的"头"和"尾")的线头并接后引出。故其接线显得十分简便。主要应用实例有JO—63—2、原(苏)AO2 51—2等三相异步电动机。

1.4.6　24 槽 2 极($y=10$、$a=2$)双层叠式绕组

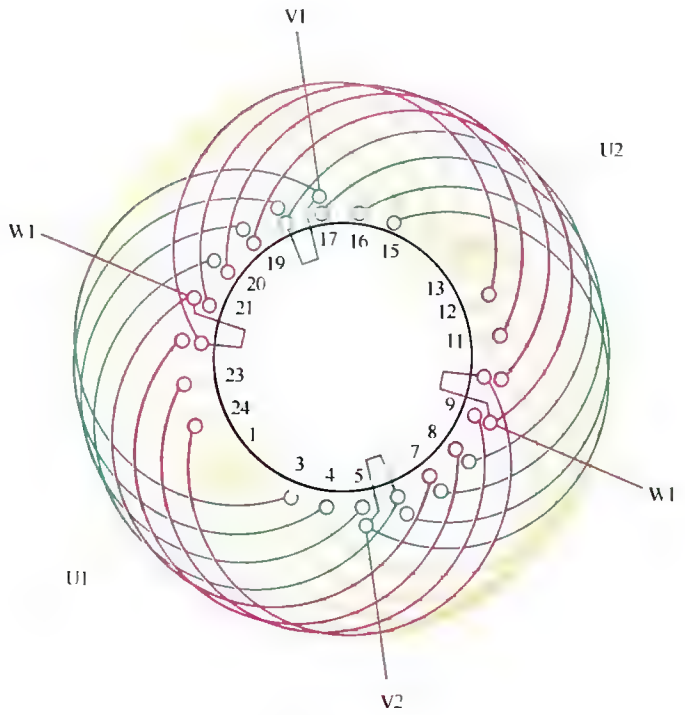


图　1.4.6

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=24$　每组圈数　$S=4$　并联路数　$a=2$

电机极数　$2p=2$　极相槽数　$q=4$　分布系数　$K_q=0.958$

总线圈数　$Q=24$　绕组极距　$\tau=12$　节距系数　$K_1=0.966$

线圈组数　$u=6$　线圈节距　$y=10$　绕组系数　$K_{dp}=0.925$

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为 10。嵌线顺序见下表：

表 1.4.6　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下层	4	3	2	1	24	23	22	21	20	19	18		17		16	
	上层												4		3		2
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	21	25	26	27	28	29	30	31	32
嵌入槽号	下层	15		14		13		12		11		10		9		8	
	上层		1		24		23		22		21		20		19		18
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层	7		6		5											
	上层		17		16		15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5

3. 特点与应用　本例绕组布线特点与上例相同，但采用二路并联，要求每相两组线圈极性相反，故接线应使同相两组线圈的首、尾并接。此绕组应用较少，仅见于国产三相异步电动机 JO3—160S—2TH 等

1.4.7　30槽2极($y=10$)双层叠式绕组

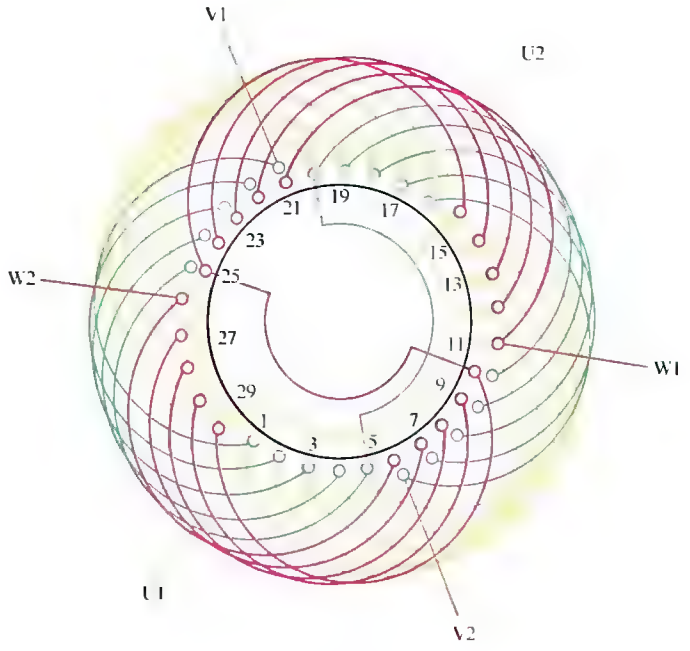


图　1.4.7

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=30$　每组圈数　$S=5$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=2$　极相槽数　$q=5$　分布系数　$K_d=0.957$

总线圈数　$Q=30$　绕组极距　$\tau=15$　节距系数　$K_p=0.866$

线圈组数　$u=6$　线圈节距　$y=10$　绕组系数　$K_w=0.83$

2. 嵌线方法　采用交叠法嵌线，吊边数为10。嵌线顺序见下表：

表 1.4.7　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下层	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20		19		18		17		16	
	上层												30		29		28		27		26
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
槽号	下层	15		14		13		12		11		10		9		8		7		6	
	上层		25		24		23		22		21		20		19		18		17		16
嵌绕次序		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
槽号	下层	5		4		3		2		1											
	上层		15		14		13		12		11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　本例为30槽定子，一般只应用于2极电机。每相由两组线圈反向串联而成；每组由5只线圈顺向串联为五联组。本例为连续相带分布中采用的最小节距，在一定程度上减少了嵌线的困难。主要应用实例有JO2-62-2等

1.4.8　30槽2极($y=10$、$a=2$)双层叠式绕组

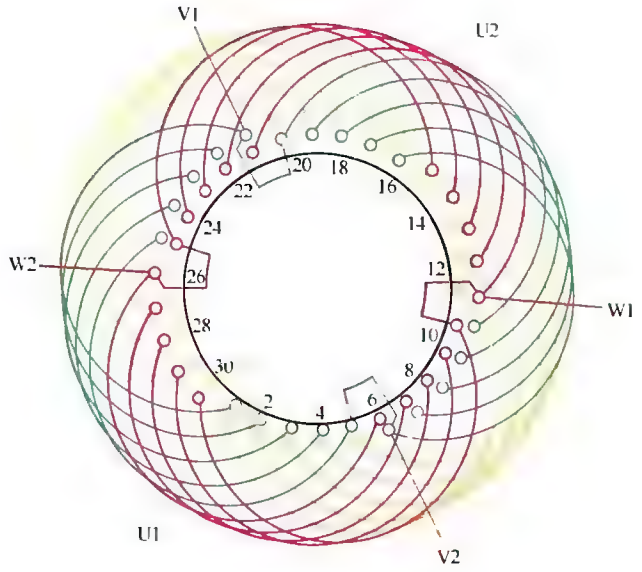


图　1.4.8

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=30$	每组圈数	$S=5$	并联路数	$a=2$
电机极数	$2p=2$	极相槽数	$q=5$	分布系数	$K_d=0.957$
总线圈数	$Q=30$	绕组极距	$\tau=15$	节距系数	$K_y=0.866$
线圈组数	$u=6$	线圈节距	$y=10$	绕组系数	$K_{dp}=0.83$

2. 嵌线方法　采用交叠嵌线，吊边数为10。嵌线顺序见下表：

表 1.4.8　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下层	5	4	3	2	1	30	29	28	27	26	25		24		23		22	
	上层												5		4		3		2
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	下层	21		20		19		18		17		16		15		14		13	
	上层		1		30		29		28		27		26		25		24		23
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	下层	12		11		10		9		8		7		6					
	上层		22		21		20		19		18		17		16	15	14	13	12
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
嵌入槽号	下层																		
	上层	11	10	9	8	7	6												

3. 特点与应用　绕组特点与上例相同，但接线改为二路并联，每相两组线圈为反极性连接，即两组头与尾并接后引出端线。主要应用实例有JO2L-61-2等。

1.4.9　30槽2极(y=11)双层叠式绕组**

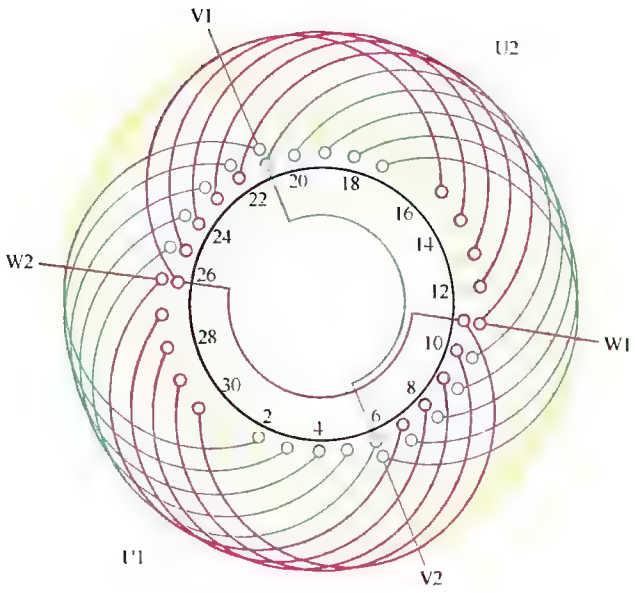


图　1.4.9

1. 绕组参数

定子槽数　Z=30　每组圈数　S=5　并联路数　a=1

电机极数　$2p$=2　极相槽数　q=5　分布系数　K_d=0.957

总线圈数　Q=30　绕组极距　τ=15　节距系数　K_p=0.914

线圈组数　u=6　线圈节距　y=11　绕组系数　K_{dp}=0.875

2. 嵌线方法　嵌线采用交叠法，吊边数为11。嵌线顺序见下表：

表 1.4.9　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下层	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19		18		17		16		15
	上层													30		29		28		27	
嵌绕次序		21	22	23	21	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
槽号	下层		14		13		12		11		10		9		8		7		6		5
	上层	26		25		24		23		22		21		20		19		18		17	
嵌绕次序		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
槽号	下层		1		3		2		1												
	上层	16		15		14		13		12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　绕组特点基本同1.4.7，但节距增加1槽，每相有2个上下层同相槽，绕组系数略有提高，但嵌线却增加了困难。主要应用实例有JO4—72—2等。

1.4.10　30槽2极($y=11$、$a=2$)双层叠式绕组

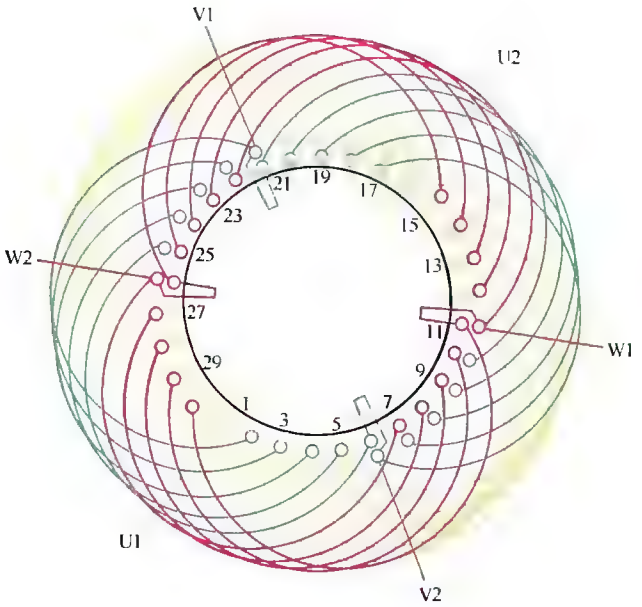


图　1.4.10

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=30$　每组圈数　$S=5$　并联路数　$a=2$

电机极数　$2p=2$　极相槽数　$q=5$　分布系数　$K_q=0.957$

总线圈数　$Q=30$　绕组极距　$\tau=15$　节距系数　$K_y=0.914$

线圈组数　$u=6$　线圈节距　$y=11$　绕组系数　$K_{dp}=0.875$

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为11。嵌线顺序见下表：

表1.4.10　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下层	5	4	3	2	1	30	29	28	27	26	25	24		23		22		21		20
	上层													5		4		3		2	
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
槽号	下层		19		18		17		16		15		14		13		12		11		10
	上层	1		30		29		28		27		26		25		24		23		22	
嵌绕次序		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
槽号	下层		9		8		7		6												
	上层	21		20		19		18		17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6

3. 特点与应用　绕组特点基本同1.4.9，但采用二路并联。接线时要求同相两组线圈极性相反，故可将同相同槽上下层线圈的线头并接并抽出引线，如图所示。主要应用实例有三相异步电动机JO4　73　2及防爆电动机BJO2　61　2等。

1.4.11　36槽2极(y=10)双层叠式绕组

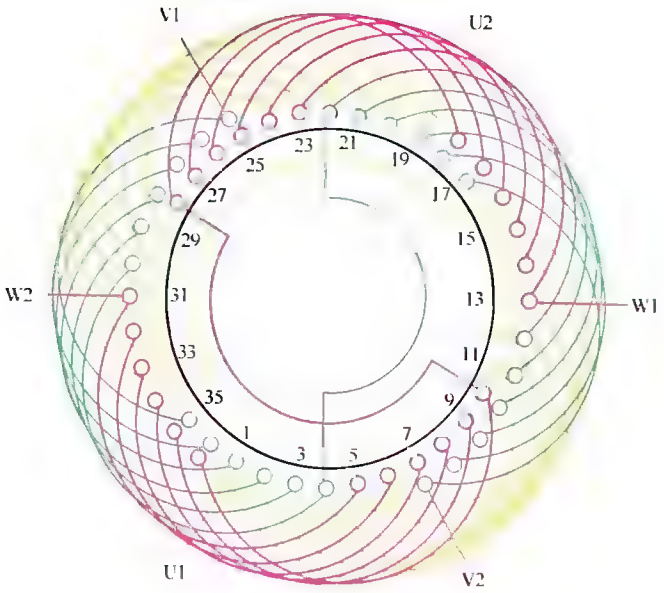


图　1.4.11

1. 绕组参数

定子槽数　Z=36　每组圈数　S=6　并联路数　a=1

电机极数　$2p$=2　极相槽数　q=6　线圈节距　y=1—11

总线圈数　Q=36　绕组极距　τ=18　绕组系数　K_{dp}=0.732

线圈组数　u=6　每槽电角　α=10°

2. 嵌线方法　采用交叠嵌线，吊边数10。嵌线顺序见下表：

表1.4.11　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下层	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26		25		24		23	
	上层												36		35		34		33
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	下层	22		21		20		19		18		17		16		15		14	
	上层		32		31		30		29		28		27		26		25		24
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	下层	13		12		11		10		9		8		7		6		5	
	上层		23		22		21		20		19		18		17		16		15
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
嵌入槽号	下层	4		3		2		1											
	上层		14		13		12		11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 绕组特点与应用　一般电动机绕组节距常选(4/5～6/7)τ。其缩短槽数通常都在q槽以内。这时已能在合理的经济指标下有效地削减高次谐波分量；而本例为使磁场分布均匀，减少电磁引起的振动和噪声，不惜缩短节距大于q值以拓宽极面，构成超短矩的特殊绕组型式。此绕组因线圈节距超短而绕组系数很低，故用铜量增加。主要应用于JK　122　2、JK1－113　-2等中大型高速电动机。

1.4.12　36槽2极($y=10$、$a=2$)双层叠式绕组

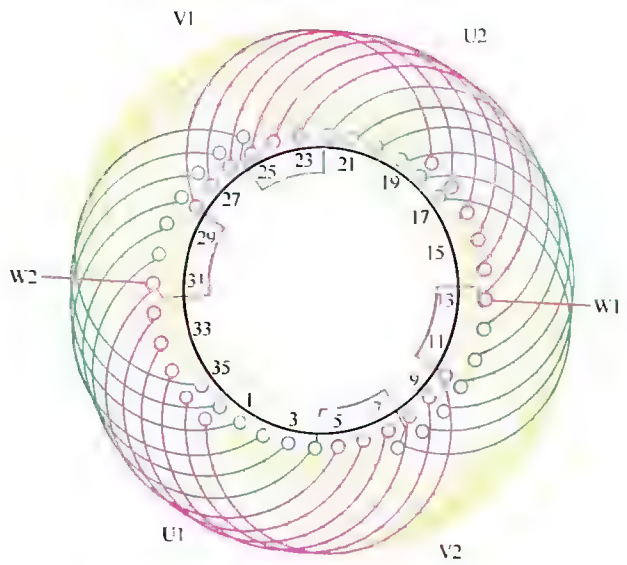


图　1.4.12

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=36$　每组圈数　$S=6$　并联路数　$a=2$

电机极数　$2p=2$　极相槽数　$q=6$　线圈节距　$y=1$　11

总线圈数　$Q=36$　绕组极距　$\tau=18$　绕组系数　$K_{dp}=0.732$

线圈组数　$u=6$　每槽电角　$\alpha=10°$

2. 嵌线方法　嵌线可采用上例嵌法，若习惯使用前进式嵌线则可参考下表的嵌线顺序

表 1.4.12　交叠法(前进式嵌线)

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入	下层	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		16		17		18	
槽号	上层												5		6		7		8
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入	下层	19		20		21		22		23		21		25		26		27	
槽号	上层		9		10		11		12		13		14		15		16		17
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入	下层	28		29		30		31		32		33		34		35		36	
槽号	上层		18		19		20		21		22		23		24		25		26
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
嵌入	下层	1		2		3		4											
槽号	上层		27		28		29		30	31	32	33	34	35	36	1	2	3	4

3. 绕组特点与应用　本例绕组与上例型式相同，属于超短距布线，但采用二路并联，每相的两组线圈各自为一支路，将两组反向并联，即一组的头与另一组的尾并接在一起，故具有接线简单、短捷的特点，主要应用实例有JK1-123-2、JK-111-2等高速电动机

1.4.13　36 槽 2 极(y=11、a=2)双层叠式绕组

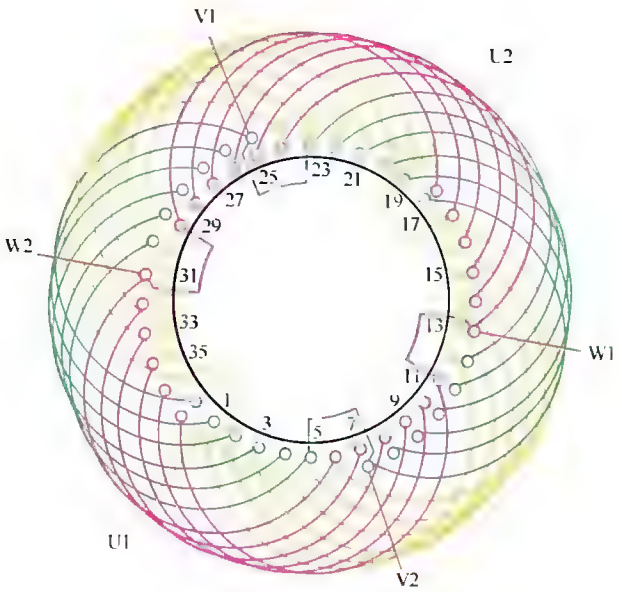


图　1.4.13

1. 绕组参数

定子槽数　Z=36　每组圈数　S=6　并联路数　a=2

电机极数　$2p$=2　极相槽数　q=6　线圈节距　y=1—12

总线圈数　Q=36　绕组极距　τ=18　绕组系数　K_{dp}=0.783

线圈组数　u=6　每槽电角　α=10°

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线．即嵌 1 槽．后退再嵌 1 槽．吊边数为 11．第 12 线圈开始整嵌。嵌线顺序见下表：

表 1.4.13　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入	下层	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25		24		23		22
槽号	上层													36		35		34	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入	下层		21		20		19		18		17		16		15		14		13
槽号	上层	33		32		31		30		29		28		27		26		25	
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入	下层		12		11		10		9		8		7		6		5		4
槽号	上层	24		23		22		21		20		19		18		17		16	
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
嵌入	下层		3		2		1												
槽号	上层	15		14		13		12	11	1	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 绕组特点与应用　本绕组与上例相同．也是二路并联．但线圈节距增加一槽．即 y=11．绕组系数略有提高。主要应用于低压高速的中型三相异步电动机．如 JS2—400S1—2、JS2—355S1—2 及 JS2—355M2—2 等

1.4.14　36 槽 2 极(y=12)双层叠式绕组

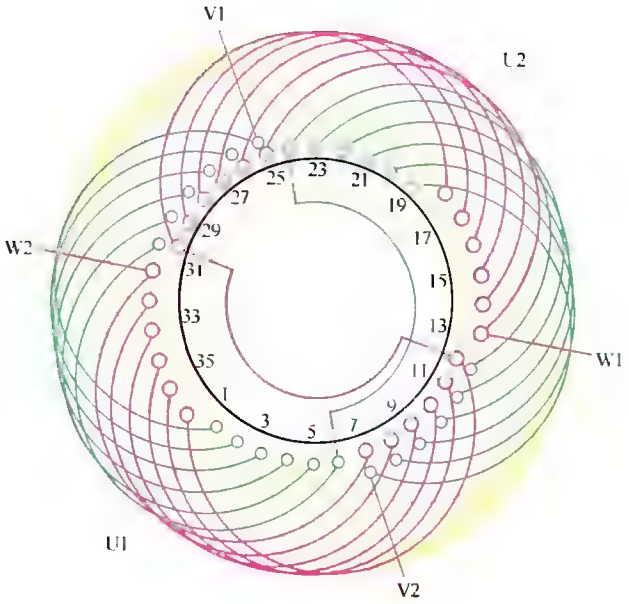


图　1.4.14

1. 绕组参数

定子槽数	Z=36	每组圈数	S=6	并联路数	a=1
电机极数	$2p$=2	极相槽数	q=6	分布系数	K_d=0.956
总线圈数	Q=36	绕组极距	τ=18	节距系数	K_p=0.866
线圈组数	u=6	线圈节距	y=12	绕组系数	K_{dp}=0.828

2. 嵌线方法　本例采用交叠法嵌线，吊边数为 12。嵌线顺序见下表：

表 1.4.14　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下层	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24		23		22	
	上层														36		35		34
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	下层	21		20		19		18		17		16		15		14		13	
	上层		33		32		31		30		29		28		27		26		25
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	下层	12		11		10		9		8		7		6		5		4	
	上层		24		23		22		21		20		19		18		17		16
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
嵌入槽号	下层	3		2		1													
	上层		15		14		13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　绕组采用连续相带的最短节距，使 2 极电动机极面拓宽到 12 槽，有利于降低运行噪声和平稳运行。主要应用有 J2-61-2、JO-72-2 等。

1.4.15　36槽2极($y=12$、$a=2$)双层叠式绕组

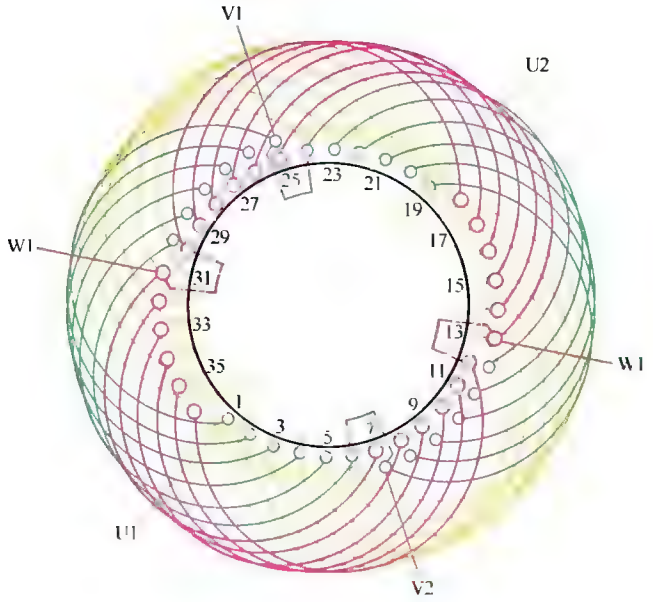


图　1.4.15

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	每组圈数	$S=6$	并联路数	$a=2$
电机极数	$2p=2$	极相槽数	$q=6$	分布系数	$K_d=0.956$
总线圈数	$Q=36$	绕组极距	$\tau=18$	节距系数	$K_p=0.866$
线圈组数	$u=6$	线圈节距	$y=12$	绕组系数	$K_{dp}=0.828$

2. 嵌线方法　本例为交叠嵌线法，吊边数为12。嵌线顺序见下表：

表1.4.15　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下层	6	5	4	3	2	1	36	35	34	33	32	31	30		29		28	
	上层														6		5		4
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	下层	27		26		25		24		23		22		21		20		19	
	上层		3		2		1		36		35		34		33		32		31
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	下层	18		17		16		15		14		13		12		11		10	
	上层		30		29		28		27		26		25		24		23		22
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
嵌入槽号	下层	9		8		7													
	上层		21		20		19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7

3. 特点与应用　特点基本同上例，但采用二路并联，接线时可将同相两组头与尾并接后引出线。主要应用实例有三相异步电动机J2-81-2、JO2L-71-2、JO2-82-2等

1.4.16　42槽2极($y=14$、$a=2$)双层叠式绕组

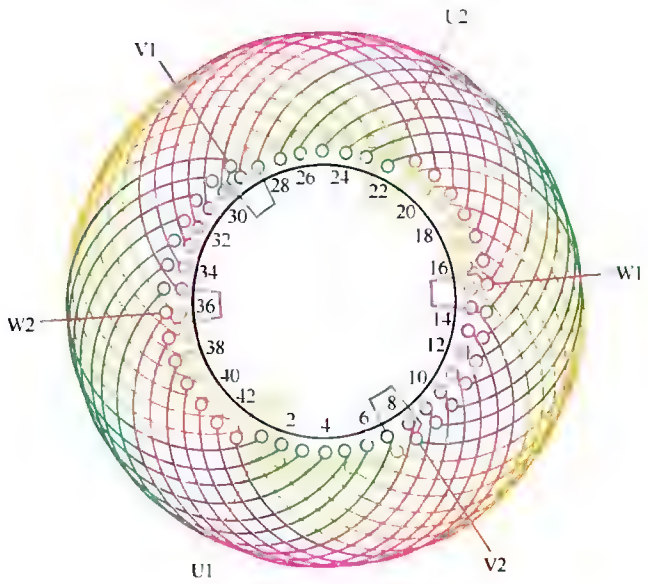


图　1.4.16

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=42$	每组圈数	$S=7$	并联路数	$a=2$
电机极数	$2p=2$	极相槽数	$q=7$	分布系数	$K_d=0.956$
总线圈数	$Q=42$	绕组极距	$\tau=21$	节距系数	$K_y=0.866$
线圈组数	$u=6$	线圈节距	$y=14$	绕组系数	$K_{dp}=0.828$

2. 嵌线方法　采用交叠嵌线法，吊边数为14。嵌线顺序见下表：

表1.4.16　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
嵌入槽号	下层	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28		27		26		25
	上层																	12		41		40
嵌绕次序		22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
嵌入槽号	下层		24		23		22		21		20		19		18		17		16		15	
	上层	39		38		37		36		35		34		33		32		31		30		29
嵌绕次序		43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
嵌入槽号	下层	14		13		12		11		10		9		8		7		6		5		4
	上层		28		27		26		25		24		23		22		21		20		19	
嵌绕次序		64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
嵌入槽号	下层		3		2		1															
	上层	18		17		16		15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　由于槽数较多，极距大，交叠嵌线的吊边数达到14个，为使嵌线不致太困难，在保证连续相带的前提下，选用最小的线圈节距，故绕组系数较低。一般仅用于2极小型电机系列中的大功率电动机，应用实例有JO2-92-2、JO2L-91-2等。

1.4.17　48槽2极(y=13)双层叠式绕组***

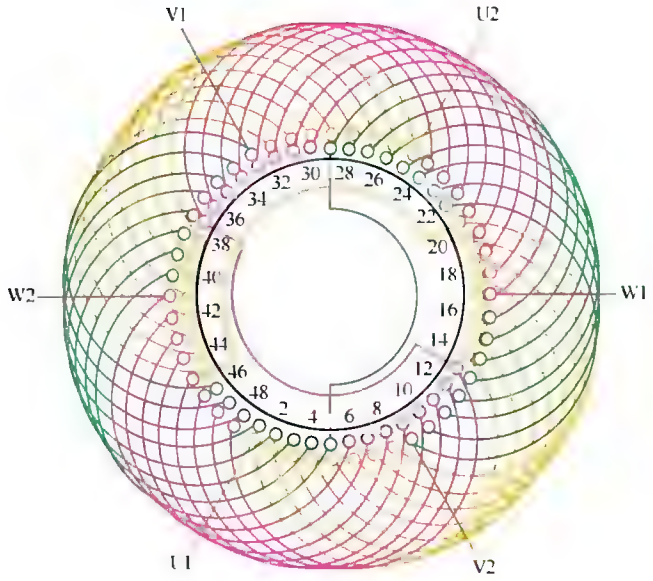


图　1.4.17

1. 绕组参数

定子槽数　Z=48　每组圈数　S=8　并联路数　a=1

电机极数　$2p$=2　极相槽数　q=8　线圈节距　y=1－14

总线圈数　Q=48　绕组极距　τ=24　绕组系数　K_{dp}=0.719

线圈组数　u=6　每槽电角　α=7.5°

2. 嵌线方法　本例采用交叠嵌线，吊边数为13。嵌线顺序见下表：

表 1.4.17　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入	下层	48	17	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35		34		33		32		31		30
槽号	上层															18		47		46		45		44	
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	10	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入	下层		29		28		27		26		25		24		23		22		21		20		19		18
槽号	上层	43		42		41		40		39		38		37		36		35		34		33		32	
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
嵌入	下层		17		16		15		14		13		12		11		10		9		8		7		6
槽号	上层	31		30		29		28		27		26		25		24		23		22		21		20	
嵌绕次序		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
嵌入	下层		5		4		3		2		1														
槽号	上层	19		18		17		16		15		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 绕组特点与应用　绕组显极式布线，是一路串联接线，但本例为48槽，每极相线圈数8个，而且吊边数较多，给嵌线造成一定困难。主要应用实例除国产的JK1—133—2和JK—134—2高速电动机外，还有原(苏)产品A102—2异步电动机

1.4.18　48槽2极(y=13、a=2)双层叠式绕组

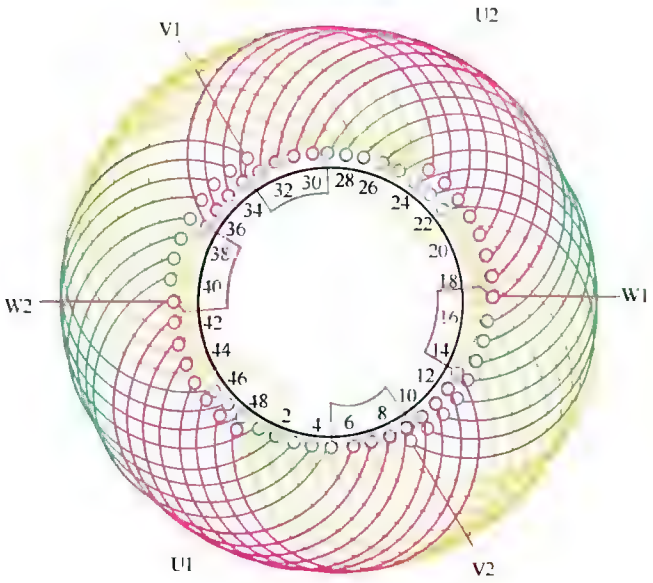


图　1.4.18

1. 绕组参数

定子槽数　Z=48　每组圈数　S=8　并联路数　a=2

电机极数　$2p$=2　极相槽数　q=8　线圈节距　y=1　14

总线圈数　Q=48　绕组极距　τ=24　绕组系数　K_{dp}=0.719

线圈组数　u=6　每槽电角　α=7.5°

2. 嵌线方法　嵌线采用交叠法，具体嵌法可参考上例；若习惯用前进式嵌线者，嵌线顺序见下表：

表 1.4.18　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入	下层	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20		21		22		23		24
槽号	上层															6		7		8		9		10	
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入	下层		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36
槽号	上层	11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22	
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
嵌入	下层		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48
槽号	上层	23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34	
嵌绕次序		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
嵌入	下层		1		2		3		4		5														
槽号	上层	35		36		37		38		39		40	41	42	43	44	45	46	47	48	1	2	3	4	5

3. 绕组特点与应用　绕组特点参考前例，而本例线圈节距缩短多，故绕组系数低。此外，采用二路并联接线，每相两组线圈应头与尾并接。主要应用实例有原(苏)产品 A101—4 型及国产 JK—132—2、JK1－134—2 等高转速中型电动机。

1.4.19　30槽4极($y=6$)双层叠式(分数)绕组***

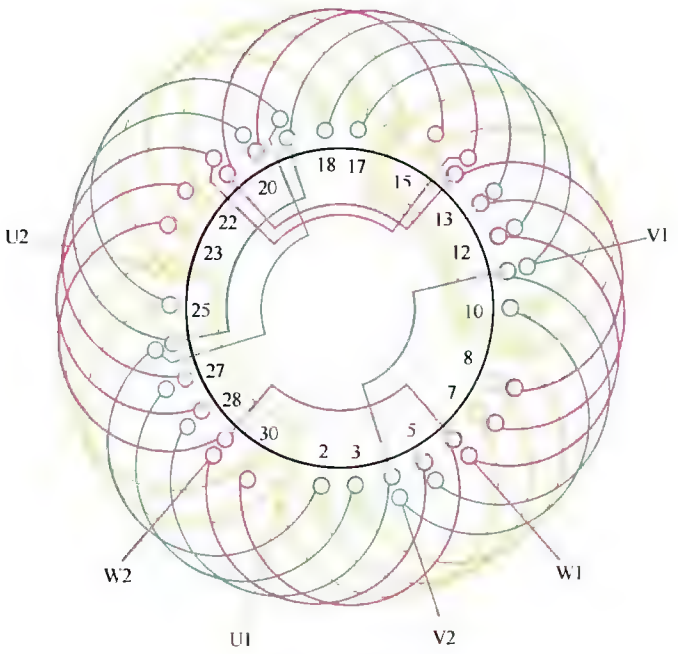


图　1.4.19

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=30$	每组圈数	$S=2\frac{1}{2}$	并联路数	$a=1$
电机极数	$2p=4$	极相槽数	$q=2\frac{1}{2}$	线圈节距	$y=6$
总线圈数	$Q=30$	绕组极距	$\tau=7\frac{1}{2}$	分布系数	$K_d=0.957$
线圈组数	$u=12$	每槽电角	$\alpha=24°$	节距系数	$K_p=0.951$
绕组系数	$K_{dp}=0.91$				

2. 嵌线方法　嵌线采用交叠法，吊边数为6。嵌线顺序见下表：

表 1.4.19　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下层	3	2	1	30	29	28	27		26		25		24		23		22		21	
	上层								3		2		1		30		29		28		27
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
槽号	下层	20		19		18		17		16		15		14		13		12		11	
	上层		26		25		24		23		22		21		20		19		18		17
嵌绕次序		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
槽号	下层	10		9		8		7		6		5		4							
	上层		16		15		14		13		12		11		10	9	8	7	6	5	4

3. 特点与应用　本例是分数绕组，每组线圈由双、三圈联组成，每相4组大小联交替分布，因系显极，接线时要使相邻同相线圈组极性相反。此绕组在国产系列无实例，可用于30槽4极的改绕。

1.4.20　36槽4极($y=8$、$a=4$)双层叠式绕组**

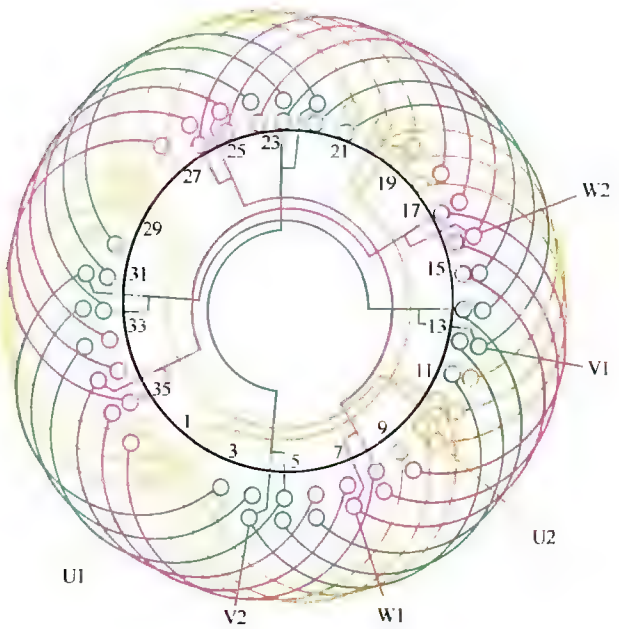


图　1.4.20

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=36$　每组圈数　$S=3$　并联路数　$a=4$

电机极数　$2p=4$　极相槽数　$q=3$　分布系数　$K_q=0.96$

总线圈数　$Q=36$　绕组极距　$\tau=9$　节距系数　$K_y=0.985$

线圈组数　$u=12$　线圈节距　$y=8$　绕组系数　$K_{dp}=0.946$

2. 嵌线方法　绕组嵌线采用交叠法，吊边数为8。嵌线顺序见下表：

表1.4.20　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	2	1	36	35	34	33	32	31		30		29		28		27	
	上层										3		2		1		36		35
嵌绕次序		19	20	21	22	23	…			45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	下层	26		25		21	…			13		12		11		10		9	
	上层		34		33		…				21		20		19		18		17
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层	8		7		6		5		4									
	上层		16		15		14		13		12	11	10	9	8	7	6	5	4

3. 特点与应用　绕组每相有4线圈组，设第1组进线端为头，将每相1、3组的头端和2、4组的尾端并接后引出相头；再将该相其余4个线头并接引出相尾。其余二相接线类推。本例绕组应用实例有J2 72—4等。

1.4.21　42槽4极(y=8)双层叠式绕组**

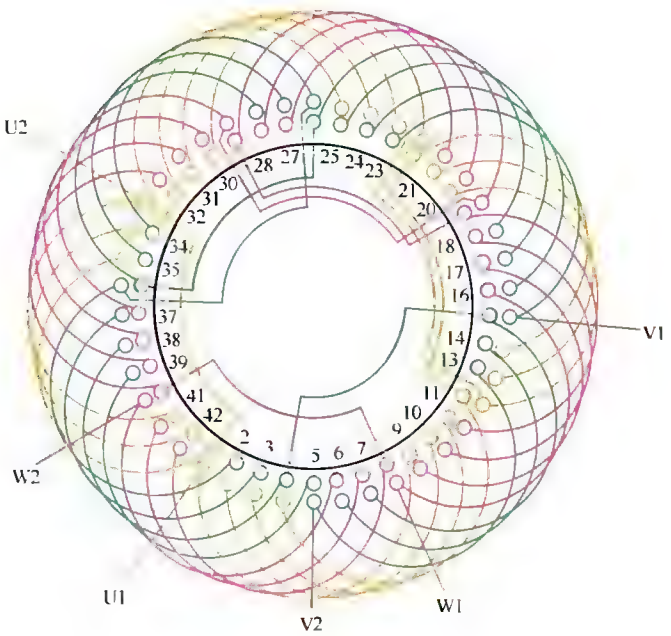


图　1.4.21

1. 绕组参数

定子槽数	Z=42	每组圈数	S=3½	并联路数	a=1
电机极数	$2p$=4	极相槽数	q=3½	分布系数	K_d=0.956
总线圈数	Q=42	绕组极距	τ=10½	节距系数	K_p=0.93
线圈组数	u=12	线圈节距	y=8	绕组系数	K_{dp}=0.889

2. 嵌线方法　绕组采用交叠嵌线法，吊边数为8。嵌线顺序见下表：

表 1.4.21　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
嵌入槽号	下层	42	41	40	39	38	37	36	35	34		33		32		31		30		29		28
	上层										12		11		40		39		38		37	
嵌绕次序		22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
嵌入槽号	下层		27		26		25		24		23		22		21		20		19		18	
	上层	36		35		34		33		32		31		30		29		28		27		26
嵌绕次序		43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
嵌入槽号	下层	17		16		15		14		13		12		11		10		9		8		7
	上层		25		24		23		22		21		20		19		18		17		16	
嵌绕次序		64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
嵌入槽号	下层		6		5		4		3		2		1									
	上层	15		14		13		12		11		10		9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　此绕组是分数布线方案，每组由3、4圈组成，线圈分布的循环规律为1　3　4　3　4　3。此型式在一般电动机中没有应用，仅见用于小型同步发电机电枢绕组。

1.4.22　48槽4极(y=10)双层叠式绕组**

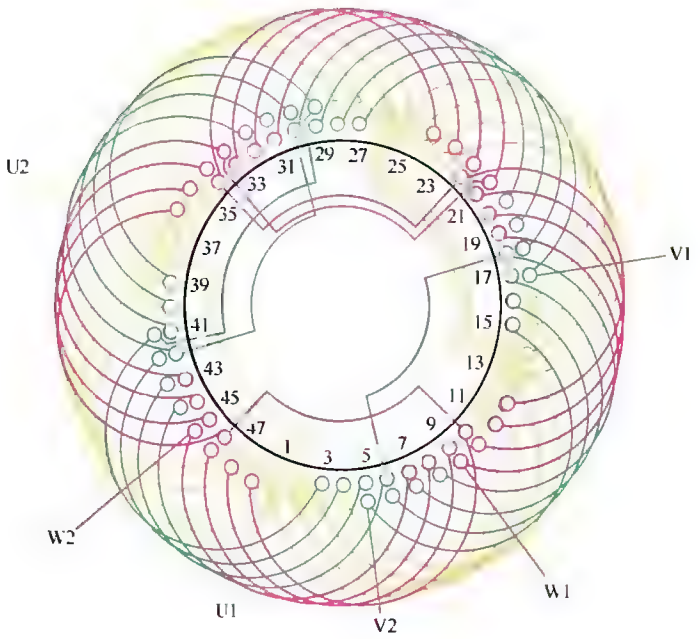


图　1.4.22

1. 绕组参数

定子槽数	Z=48	每组圈数	S=4	并联路数	a=1
电机极数	$2p$=4	极相槽数	q=4	分布系数	K_1=0.958
总线圈数	Q=48	绕组极距	τ=12	节距系数	K_p=0.966
线圈组数	u=12	线圈节距	y=10	绕组系数	K_{dp}=0.92

2. 嵌线方法　采用交叠法嵌线，吊边数为10。嵌线顺序见下表：

表 1.4.22　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	48	47	46	45	44	43	42	41	10	39	38		37		36		35		34		33		32	
	上层												48		47		46		45		44		43		42
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层	31		30		29		28		27		26		25		24		23		22		21		20	
	上层		41		40		39		38		37		36		35		34		33		32		31		30
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
嵌入槽号	下层	19		18		17		16		15		14		13		12		11		10		9		8	
	上层		29		28		27		26		25		24		23		22		21		20		19		18
嵌绕次序		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
嵌入槽号	下层	7		6		5		4		3		2		1											
	上层		17		16		15		14		13		12		11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　定子48槽一般属功率较大的小型电机，采用一路必为多根并绕，从而使绕线增加了困难，目前在新系列电机产品中已较少应用。主要实例有J2—82—4等。

1.4.23　48槽4极(y=11)双层叠式绕组**

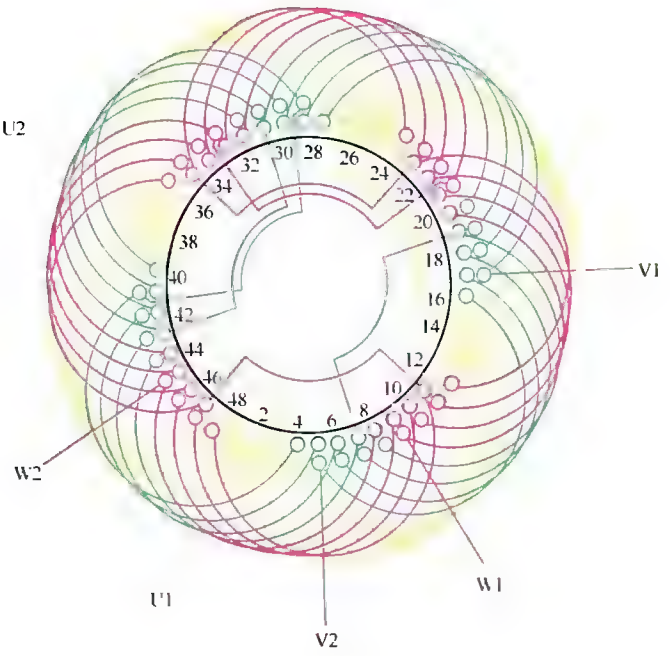


图　1.4.23

1. 绕组参数

定子槽数	Z=48	每组圈数	S=4	并联路数	a=1
电机极数	$2p$=4	极相槽数	q=4	分布系数	K_d=0.958
总线圈数	Q=48	绕组极距	τ=12	节距系数	K_p=0.991
线圈组数	u=12	线圈节距	y=11	绕组系数	K_{dp}=0.949

2. 嵌线方法　采用交叠嵌线法，吊边数为11。嵌线顺序见下表：

表 1.4.23　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37		36		35		31		33		32		31
	上层													48		47		46		45		44		43	
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层		30		29		28		27		26		25		24		23		22		21		20		19
	上层	43		41		10		39		38		37		36		35		34		33		32		31	
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
嵌入槽号	下层		18		17		16		15		14		13		12		11		10		9		8		7
	上层	30		29		28		27		26		25		24		23		22		21		20		19	
嵌绕次序		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
嵌入槽号	下层		6		5		4		3		2		1												
	上层	18		17		16		15		14		13		12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　绕组节距较上例增加1槽，绕组系数稍有提高此绕组为一路串联接线，应用较少，主要实例有Y系列绕线式异步电动机YR280—4转子绕组等

1.4.24　48槽4极($y=11$、$a=2$)双层叠式绕组

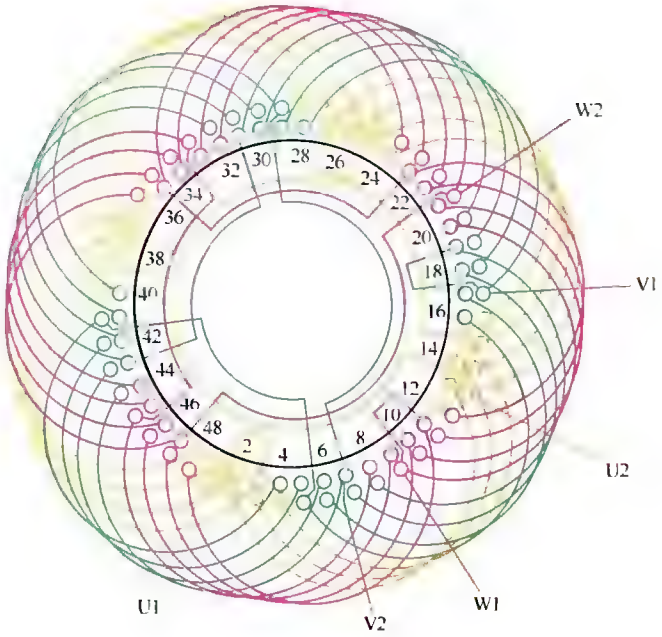


图　1.4.24

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=48$	每组圈数	$S=4$	并联路数	$a=2$
电机极数	$2p=4$	极相槽数	$q=4$	分布系数	$K_d=0.958$
总线圈数	$Q=48$	绕组极距	$\tau=12$	节距系数	$K_p=0.991$
线圈组数	$u=12$	线圈节距	$y=11$	绕组系数	$K_{dp}=0.949$

2. 嵌线方法　本例采用交叠法，吊边数为11，嵌线顺序见下表：

表1.4.24　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	4	3	2	1	48	47	46	45	44	43	42	41		10		39		38
	上层													4		3		2	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	…			69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
槽号	下层		37		36		…				12		11		10		9		8
	上层	1		48		47	…			24		23		22		21		20	
嵌绕次序		79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
槽号	下层		7		6		5												
	上层	19		18		17		16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5

3. 特点与应用　绕组布线同上例，但采用二路并联，接线时在进线后向左右两侧走线，并确保同相相邻线圈组极性相反。主要应用实例有绕线式异步电动机YR—225M1—4等。

1.4.25　48槽4极(y=12)双层叠式绕组

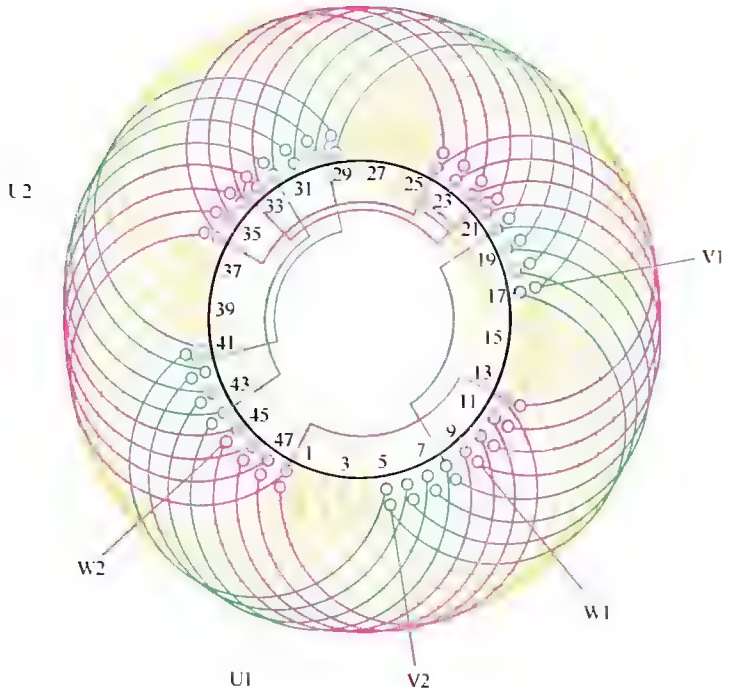


图　1.4.25

1. 绕组参数

定子槽数　Z=48　每组圈数　S=4　并联路数　a=1

电机极数　$2p$=4　极相槽数　q=4　分布系数　K_d=0.958

总线圈数　Q=48　绕组极距　τ=12　节距系数　K_p=1.0

线圈组数　u=12　线圈节距　y=12　绕组系数　K_{dp}=0.958

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为12。嵌线顺序见下表：

表 1.4.25　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	48	47	16	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36		35		34	
	上层														18		17		46
嵌绕次序		19	20	21	22	23	…			69	70	71	72	73	71	75	76	77	78
槽号	下层	33		32		31	…			8		7		6		5		1	
	上层		45		44		…				20		19		18		17		16
嵌绕次序		79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
槽号	下层	3		2		1													
	上层		15		14		13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　本例采用满距布线，吊边数较多，给嵌线增加了难度，故一般应用于定子铁心内腔较大的电机；此外，绕组存在的三次谐波也较大，电机运行性能较差，故目前的产品极少应用，仅用于J91—4、J92—4等老式异步电动机

1.4.26　60槽4极(y=12)双层叠式绕组

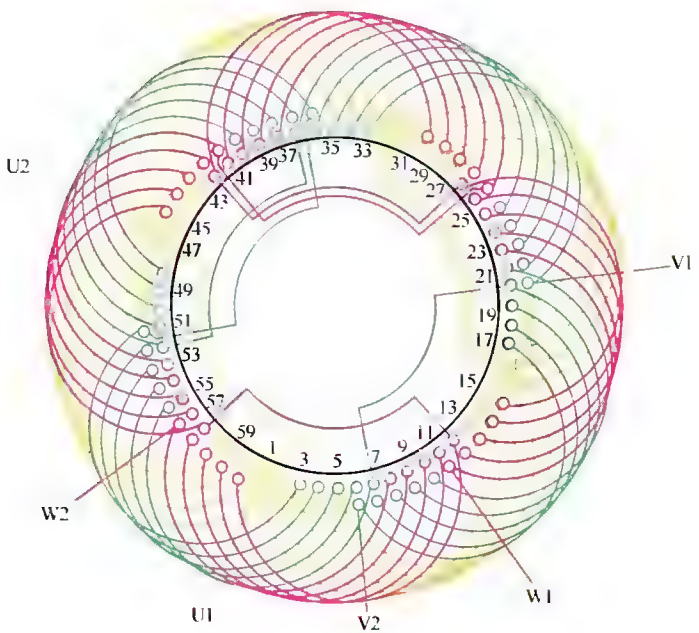


图　1.4.26

1. 绕组参数

定子槽数	Z=60	每组圈数	S=5	并联路数	a=1
电机极数	$2p$=4	极相槽数	q=5	分布系数	K_d=0.957
总线圈数	Q=60	绕组极距	τ=15	节距系数	K_y=0.951
线圈组数	u=12	线圈节距	y=12	绕组系数	K_{dp}=0.91

2. 嵌线方法　采用交叠法嵌线，吊边数为12。嵌线顺序见下表：

表1.4.26　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	19	48		17		46		45		44		13	
	上层														60		59		58		57		56		55
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层	42		41		40		39		38		37		36		35		34		33		32		31	
	上层		54		53		52		51		50		49		48		47		46		45		44		43
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	……		
嵌入槽号	下层	30		29		28		27		26		25		24		23		22		21		20	……		
	上层		42		41		40		39		38		37		36		35		34		33		……		
嵌绕次序		97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
嵌入槽号	下层	6		5		4		3		2		1													
	上层		18		17		16		15		14		13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　本例绕组全部由5联组组成，每相4组线圈按同相相邻反极性串联构成一路接法。由于60槽定子属中等以上容量，采用一路接法的电动机极为少见，主要应用实例有JR136—4的6000伏高压电动机。

1.4.27　60槽4极(y=13)双层叠式绕组**

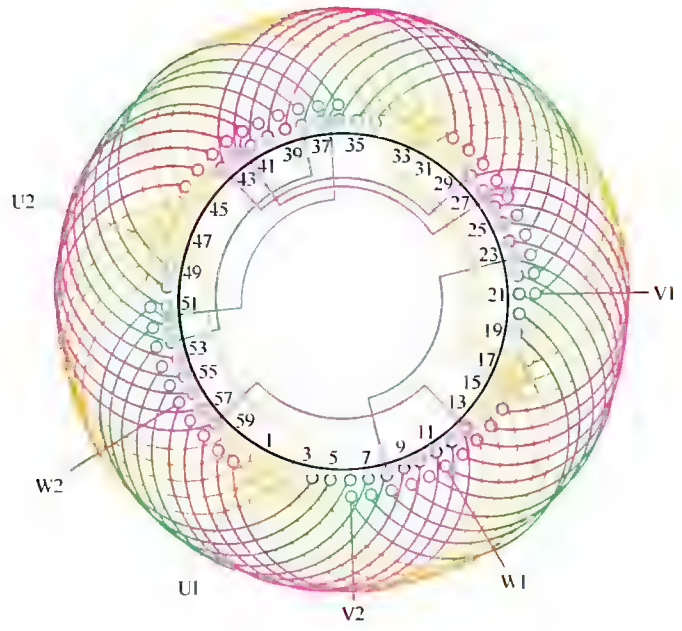


图　1.4.27

1. 绕组参数

定子槽数	Z=60	每组圈数	S=5	并联路数	a=1
电机极数	$2p$=4	极相槽数	q=5	分布系数	K_1=0.957
总线圈数	Q=60	绕组极距	τ=15	节距系数	K_p=0.978
线圈组数	u=12	线圈节距	y=13	绕组系数	K_d=0.936

2. 嵌线方法　采用交叠法，吊边数13。嵌线顺序见下表：

表1.4.27　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47		46		45		44		43		42
	上层															60		59		58		57		56	
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层		41		40		39		38		37		36		35		34		33		32		31		30
	上层	55		54		53		52		51		50		49		48		47		46		45		44	
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	…			88	89	90	91	92	93	94	95	96
嵌入槽号	下层		29		28		27		26		25		24	…			10		9		8		7		6
	上层	43		42		41		40		39		38		…				23		22		21		20	
嵌绕次序		97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
嵌入槽号	下层		5		4		3		2		1														
	上层	19		18		17		16		15		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　绕组线圈节距较上例增加1槽，绕组系数有所提高，但接线为一路串联，一般宜用于中大容量电机，主要应用实例有Y　450　4、JS-127-4等

1.4.28　24槽6极（$y=4$）双层叠式（不规则布线）绕组

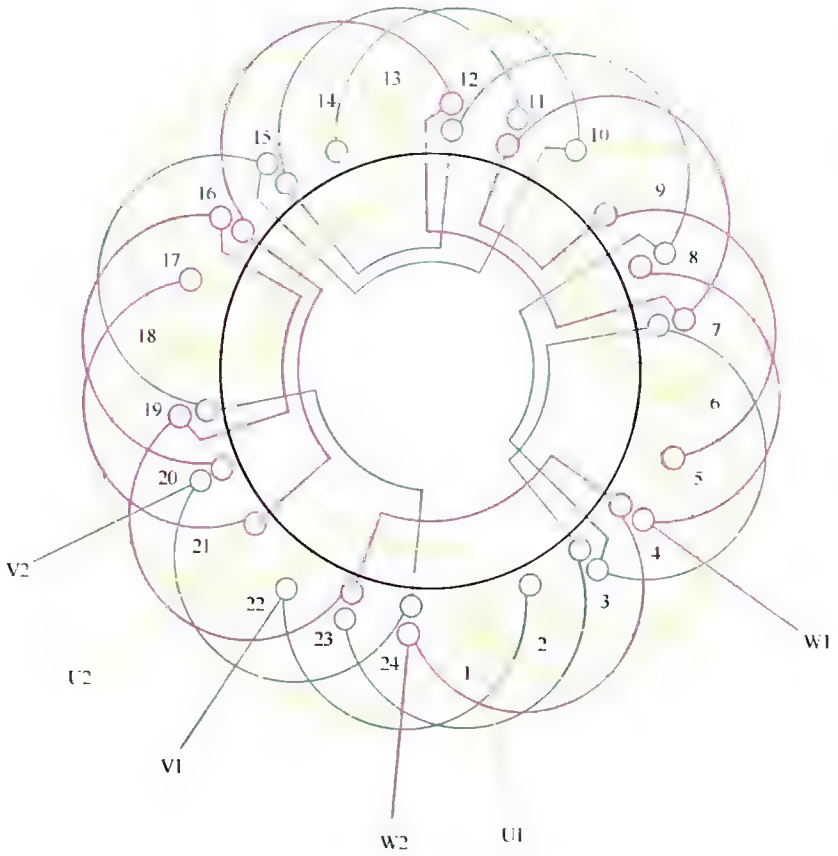


图　1.4.28

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=24$　每组圈数　$S=1\frac{1}{3}$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=6$　极相槽数　$q=1\frac{1}{3}$　线圈节距　$y=1\sim5$

总线圈数　$Q=24$　绕组极距　$\tau=4$　绕组系数　$K_{dp}=0.88$

线圈组数　$u=18$　每槽电角　$\alpha=45°$

2. 嵌线方法　本绕组采用交叠嵌线，绕组由6个双圈联和12个单圈组成，单、双圈必须按图安排嵌入。嵌线方法同一般双层叠式绕组的连续退嵌，即嵌入1槽往后退，再嵌1槽又再退；吊边数为4。嵌线顺序见下表：

表 1.4.28　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入	下层	2	1	24	23	22		21		20		19		18		17	
槽号	上层						2		1		24		23		22		21
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
嵌入	下层	16		15		14		13		12		11		10		9	
槽号	上层		20		19		18		17		16		15		14		13
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入	下层	8		7		6		5		4		3					
槽号	上层		12		11		10		9		8		7	6	5	4	3

3. 绕组特点与应用　24槽6极电动机，无论国内或国外都无此规格产品；往常总认为此槽数与极数的匹配不能成立。然而，随着技术的进步，作者根据反极性原理排列出不规则分布的6极绕组。此绕组为显极式布线，每相6组中有4个单圈联和2个双圈联，相头U1、V1、W1分别从槽1、22、4进入；每相第1组均为双圈联，而每相6个线圈组的分布和接线规律均是$2-\bar{1}-1-\bar{2}-1-\bar{1}$（顶位"－"号为反向），即同相相邻线圈组的极性相反。此例填补了目前国内外24槽6极无电机的空白，主要应用于小型交流电动机改绕。

1.4.29　36槽6极(y=6)双层叠式绕组

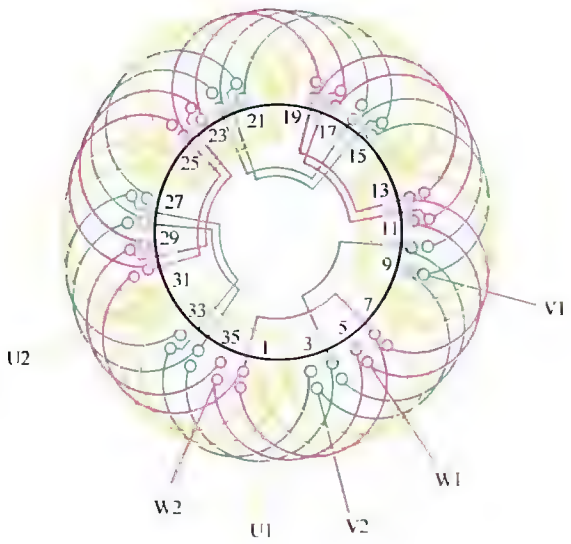


图　1.4.29

1. 绕组参数

定子槽数　Z=36　每组圈数　S=2　并联路数　a=1

电机极数　$2p$=6　极相槽数　q=2　分布系数　K_d=0.966

总线圈数　Q=36　绕组极距　τ=6　节距系数　K_t=1.0

线圈组数　u=18　线圈节距　y=6　绕组系数　K_{dp}=0.966

2. 嵌线方法　本例采用交叠法嵌线，吊边数为6。嵌线顺序见下表：

表 1.4.29　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	36	35	34	33	32		31		30		29		28		27	
	上层								2		1		36		35		34		33
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	…			65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层	26		25		24		23	…			3							
	上层		32		31		30		…				9	8	7	6	5	4	3

3. 特点与应用　本例是全距绕组，线圈节距等于极距，绕组系数较高，但作为电动机电枢则三次谐波较大而影响电动机性能。因此一般电动机不采用，仅应用于绕线型电动机转子绕组。主要实例有进口电动机MTK21—6转子绕组等。

1.4.30　54槽6极(y=7)双层叠式绕组

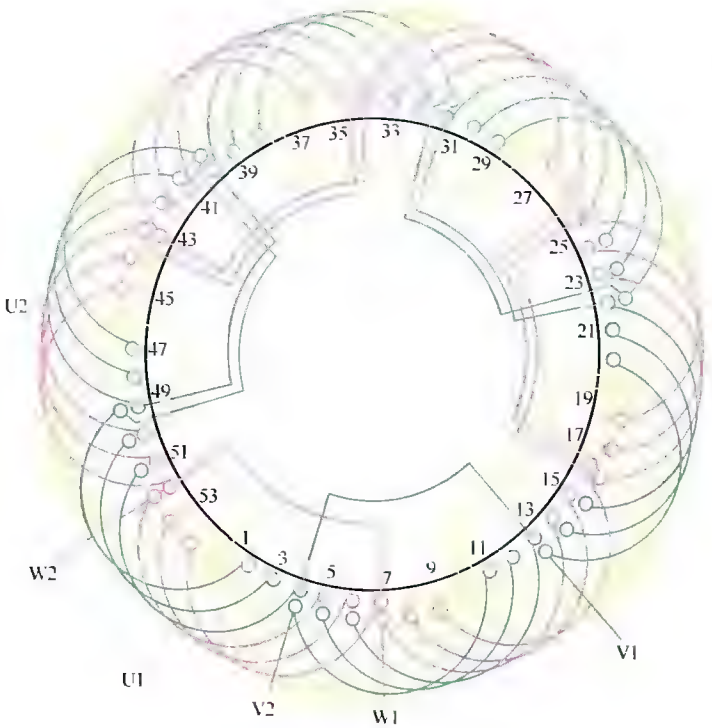


图　1.4.30

1. 绕组参数

定子槽数	Z=54	每组圈数	S=3	并联路数	a=1
电机极数	$2p$=6	极相槽数	q=3	分布系数	K_d=0.96
总线圈数	Q=54	绕组极距	τ=9	节距系数	K_y=0.94
线圈组数	u=18	线圈节距	y=7	绕组系数	K_{dp}=0.902

2. 嵌线方法　采用交叠法，吊边数为7，嵌线顺序见下表：

表1.4.30　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
嵌入槽号	下层	54	53	52	51	50	49	48	47		46		45		44		43		42		41		40
	上层									54		53		52		51		50		19		48	
嵌绕次序		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	…		
嵌入槽号	下层		39		38		37		36		35		34		33		32		31		…		
	上层	47		46		45		44		43		42		41		40		39		38	…		
嵌绕次序		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108		
嵌入槽号	下层		6		5		4		3		2		1										
	上层	14		13		12		11		10		9		8	7	6	5	4	3	2	1		

3. 特点与应用　本例定子为54槽6极，一般属中容量电机，采用并联支路数a=1时，主要应用于高压绕组。实例主要有JS—116—6等。

1.4.31　54槽6极($y=7$、$a=3$)双层叠式绕组

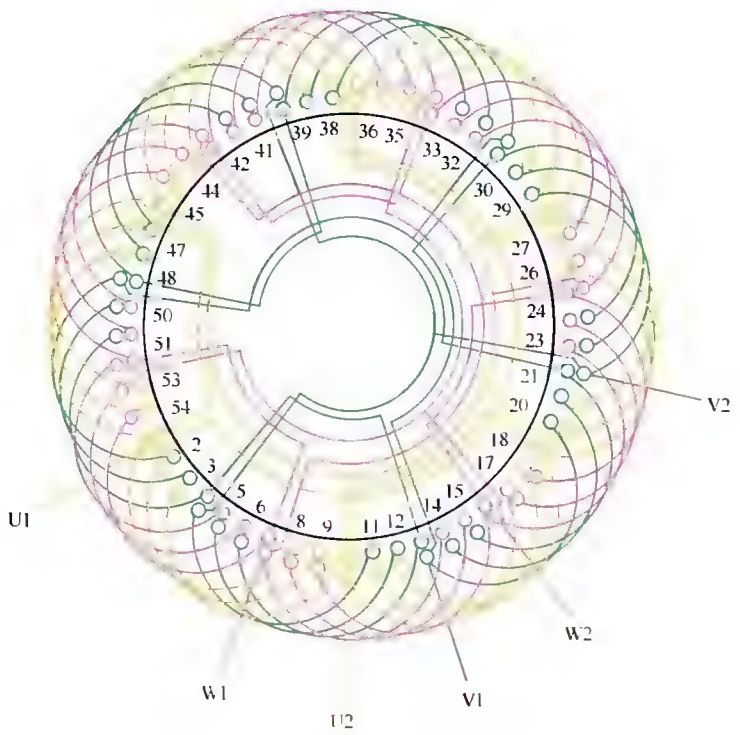


图　1.4.31

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=54$	每组圈数	$S=3$	并联路数	$a=3$
电机极数	$2p=6$	极相槽数	$q=3$	分布系数	$K=0.96$
总线圈数	$Q=54$	绕组极距	$\tau=9$	节距系数	$K_1=0.94$
线圈组数	$u=18$	线圈节距	$y=7$	绕组系数	$K_{dp}=0.902$

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线．吊边数为7。嵌线顺序见下表：

表 1.4.31　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	54	53	52	51	50	19	48	47		46		45		44		43		12
	上层									54		53		52		51		50	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	…		82	83	84	85	86	87	88	89	90	
槽号	下层		41		40		39	…		10		9		8		7		6	
	上层	49		48		47		…			17		16		15		11		
嵌绕次序		91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
槽号	下层		5		4		3		2		1								
	上层	13		12		11		10		9		8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　本例采用三路并联，每一支路由正、反两线圈组串联而成．并采用短跳连接．主要应用实例有J71-6、J72-6等

1.4.32　54槽6极($y=8$、$a=6$)双层叠式绕组

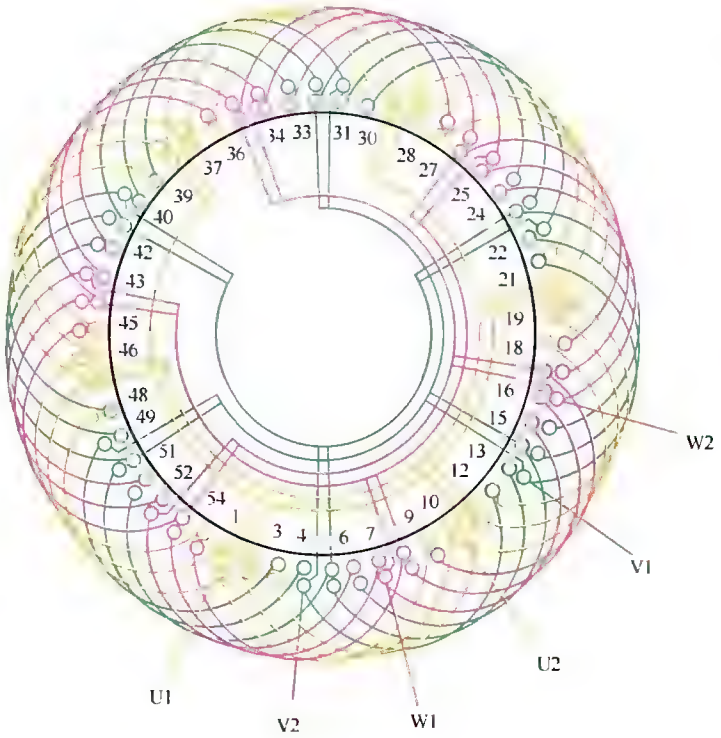


图　1.4.32

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=54$	每组圈数	$S=3$	并联路数	$a=6$
电机极数	$2p=6$	极相槽数	$q=3$	分布系数	$K_d=0.96$
总线圈数	$Q=54$	绕组极距	$\tau=9$	节距系数	$K_p=0.985$
线圈组数	$u=18$	线圈节距	$y=8$	绕组系数	$K_{dp}=0.946$

2. 嵌线方法　嵌线采用交叠法，吊边数为8。嵌线顺序见下表：

表 1.4.32　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	54	53	52	51	50	49	48	47	46		45		44		43		42	
	上层										54		53		52		51		50
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	…			82	83	84	85	86	87	88	89	90
槽号	下层	41		40		39		…				9		8		7		6	
	上层		49		48		47	…			18		17		16		15		14
嵌绕次序		91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
槽号	下层	5		4		3		2		1									
	上层		13		12		11		10		9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　本例采用六路并联，每一支路只有一组线圈，并按同相相邻组间反极性并联。主要应用实例有JO-82-6等。

1.4.33　54槽6极(y=9)双层叠式绕组

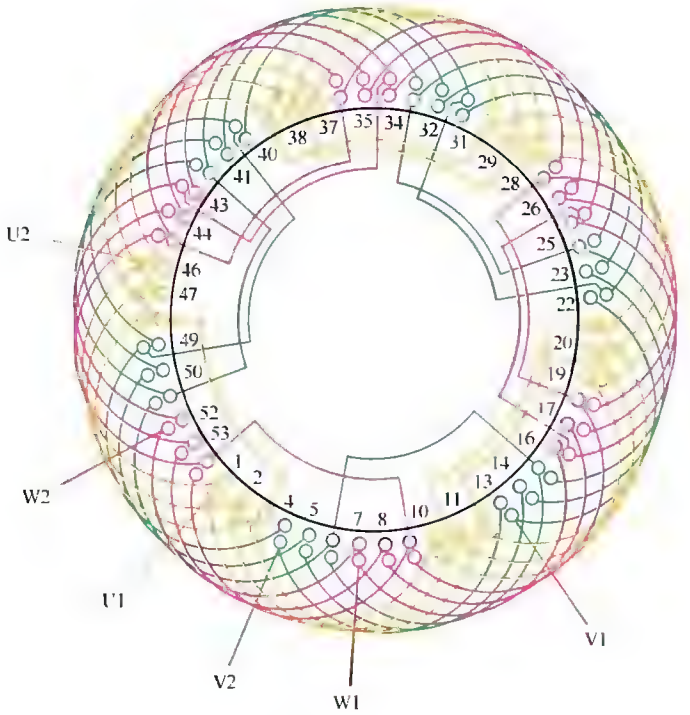


图　1.4.33

1. 绕组参数

定子槽数　Z=54　每组圈数　S=3　并联路数　a=1

电机极数　$2p$=6　极相槽数　q=3　分布系数　K_d=0.96

总线圈数　Q=54　绕组极距　τ=9　节距系数　K_p=1.0

线圈组数　u=18　线圈节距　y=9　绕组系数　K_{dp}=0.96

2. 嵌线方法　采用交叠法嵌线，吊边数为9。嵌线顺序见下表：

表 1.4.33　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	2	1	54	53	52	51	50	49	18		47		46		45		44
	上层											3		2		1		54	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	…			81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
槽号	下层		43		42		…				12		11		10		9		8
	上层	53		52		51	…			22		21		20		19		18	
嵌绕次序		91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
槽号	下层		7		6		5		4										
	上层	17		16		15		14		13	12	11	10	9	8	7	6	5	4

3. 特点与应用　本例采用一路串联接线，每相6个线圈组按相邻反向串接。线圈选用全距，在电动机定子中极少应用，但在发电机定子和电动机转子中较多见。主要应用于绕线式电动机转子绕组，实例有进口设备电动机 ΔK-51-6 等

1.4.34　72槽6极($y=10$)双层叠式绕组

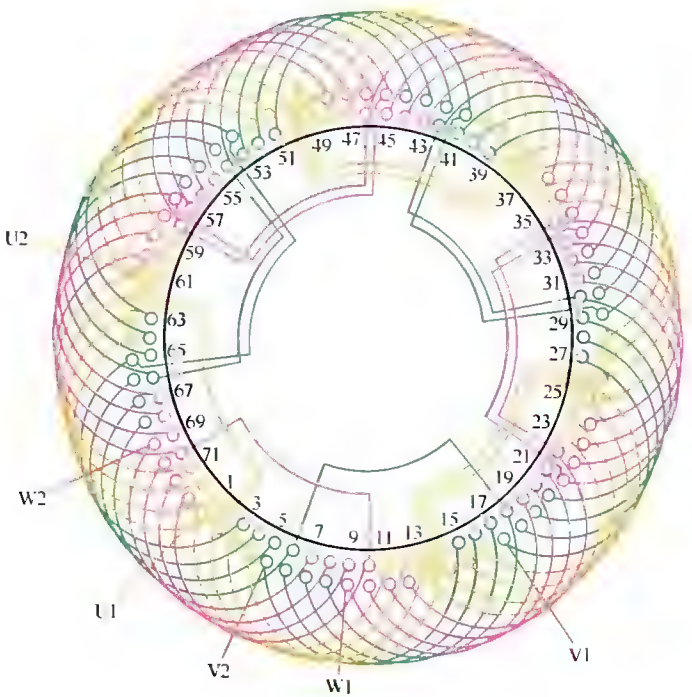


图　1.4.34

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=72$　每组圈数　$S=4$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=6$　极相槽数　$q=4$　分布系数　$K_d=0.958$

总线圈数　$Q=72$　绕组极距　$\tau=12$　节距系数　$K_p=0.966$

线圈组数　$u=18$　线圈节距　$y=10$　绕组系数　$K_z=0.925$

2. 嵌线方法　本例采用交叠法嵌线，吊边数为10。嵌线顺序见下表：

表 1.4.34　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62		61		60		59		58		57		56	
	上层												72		71		70		69		68		67		66
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层	55		54		53		52		51		50		49		48		47		46		45		44	
	上层		65		64		63		62		61		60		59		58		57		56		55		54
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	……				110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
嵌入槽号	下层	43		42		41		40		39		……				12		11		10		9		8	
	上层		53		52		51		50		49	……			23		22		21		20		19		18
嵌绕次序		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
嵌入槽号	下层	7		6		5		4		3		2		1											
	上层		17		16		15		14		13		12		11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　本例采用正常节距且较比例增加1槽，绕组系数略高，但接线是一路串联。主要应用实例有Y—400—6、JR—125—6等。

1.4.35　72槽6极(y=11)双层叠式绕组**

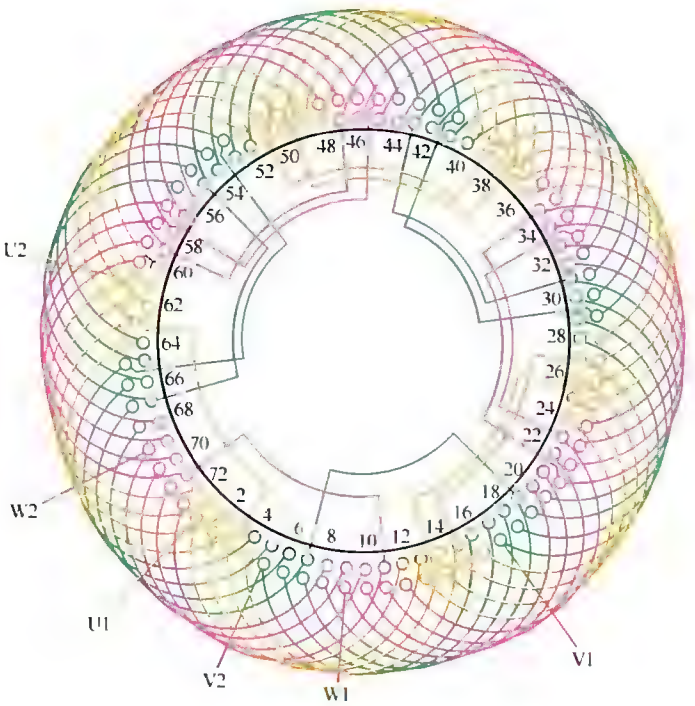


图　1.4.35

1. 绕组参数

定子槽数	Z=72	每组圈数	S=4	并联路数	a=1
电机极数	$2p$=6	极相槽数	q=4	分布系数	K_1=0.958
总线圈数	Q=72	绕组极距	τ=12	节距系数	K_y=0.991
线圈组数	u=18	线圈节距	y=11	绕组系数	K_{dp}=0.949

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为11。嵌线顺序见下表：

表 1.4.35　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61		60		59		58		57		56		55
	上层													72		71		70		69		68		67	
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	11	42	13	44	15	46	17	48
嵌入槽号	下层		54		53		52		51		50		19		48		47		46		45		44		43
	上层	66		65		64		63		62		61		60		59		58		57		56		55	
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	…			106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
嵌入槽号	下层		42		41		40	…			14		13		12		11		10		9		8		7
	上层	54		53		52		…				25		24		23		22		21		20		19	
嵌绕次序		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
嵌入槽号	下层		6		5		4		3		2		1												
	上层	18		17		16		15		14		13		12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　本例采用较大的正常短节距，绕组系数较高。接线采用一路串联。在低压电动机中较少应用。主要实例有 Y—100—6 等

1.4.36　72槽6极($y=12$)双层叠式绕组**

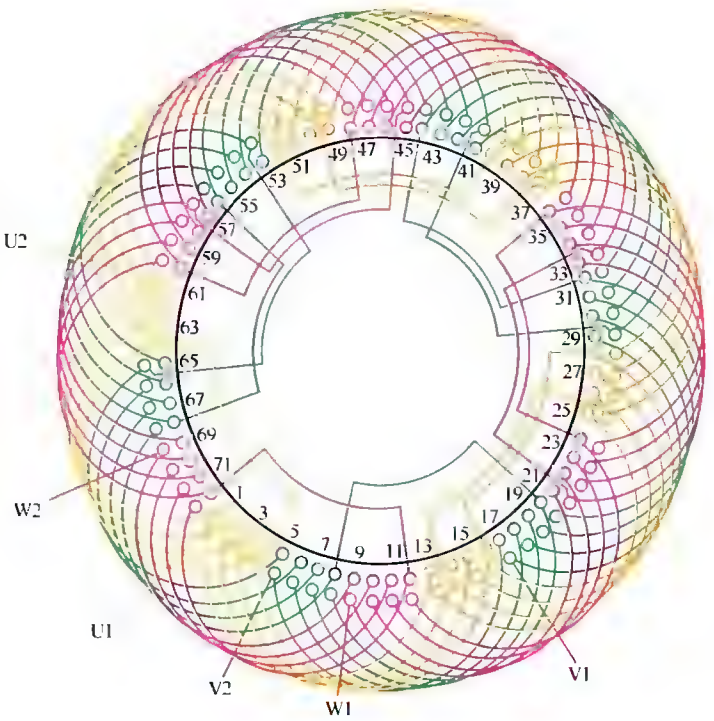


图　1.4.36

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=72$　每组圈数　$S=4$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=6$　极相槽数　$q=4$　分布系数　$K_d=0.958$

总线圈数　$Q=72$　绕组极距　$\tau=12$　节距系数　$K_p=1.0$

线圈组数　$u=18$　线圈节距　$y=12$　绕组系数　$K_d=0.958$

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为12。嵌线顺序见下表：

表 1.4.36　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60		59		58		57		56		55	
	上层														72		71		70		69		68		67
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层	54		53		52		51		50		49		48		47		46		45		44		43	
	上层		66		65		64		63		62		61		60		59		58		57		56		55
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	…			111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
嵌入槽号	下层	42		41		40		39		38		37	…			11		10		9		8		7	
	上层		54		53		52		51		50		…				23		22		21		20		19
嵌绕次序		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
嵌入槽号	下层	6		5		4		3		2		1													
	上层		18		17		16		15		14		13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　此绕组采用全距线圈，使绕组系数达到最大值，但无法消除磁势中的三次谐波影响，故在普通型三相交流电机中极为罕见。本例仅作为双绕组双速电动机中配套的6极绕组，通常采用星形接法，故引出线可用3根。主要应用实例有JTD－430、JTD－560部分厂家的电梯电动机

1.4.37　36槽8极(y=4)双层叠式绕组

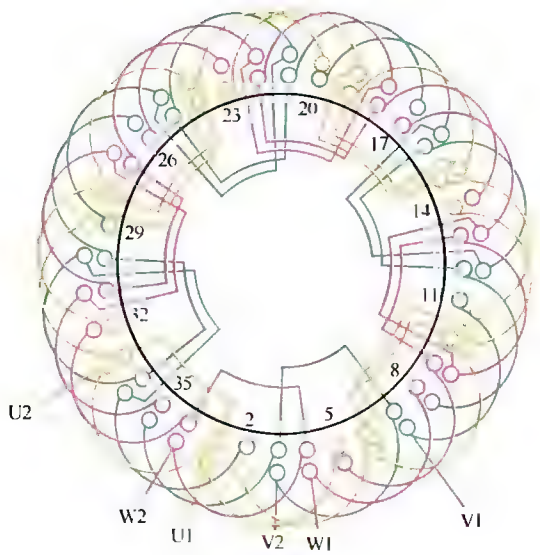


图　1.4.37

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	每组圈数	$S=1\frac{1}{2}$	并联路数	$a=1$
电机极数	$2p=6$	极相槽数	$q=1\frac{1}{2}$	分布系数	$K_d=0.96$
总线圈数	$Q=36$	绕组极距	$\tau=4\frac{1}{2}$	节距系数	$K_p=0.985$
线圈组数	$u=24$	线圈节距	$y=4$	绕组系数	$K_{dp}=0.946$

2. 嵌线方法　采用交叠嵌线，吊边数为4。嵌线顺序见下表：

表 1.4.37　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下层	36	35	34	33	32		31		30		29		28		27		26	
	上层						36		35		34		33		32		31		30
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	下层	25		24		23		22		21		20		19		18		17	
	上层		29		28		27		26		25		24		23		22		21
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	下层	16		15		14		13		12		11		10		9		8	
	上层		20		19		18		17		16		15		14		13		12
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
嵌入槽号	下层	7		6		5		4		3		2		1					
	上层		11		10		9		8		7		6		5	4	3	2	1

3. 特点与应用　本例为一路串联的分数绕组，线圈分布规律为2　1　2　1　…，即双圈组与单圈组轮换安排。每相有8组线圈，其中单圈和双圈组各半；接线时为一正一反，以确保同相相邻线圈组的极性相反。主要应用实例有JO3T—90S—8等。

1.4.38　48槽8极($y=5$、$a=4$)双层叠式绕组

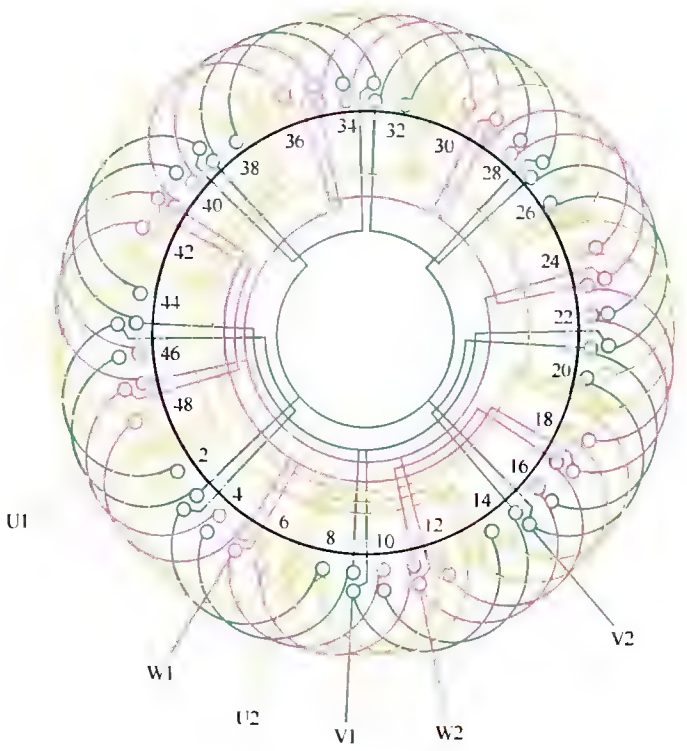


图　1.4.38

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=48$　每组圈数　$S=2$　并联路数　$a=4$

电机极数　$2p=8$　极相槽数　$q=2$　分布系数　$K_q=0.966$

总线圈数　$Q=48$　绕组极距　$\tau=6$　节距系数　$K_y=0.966$

线圈组数　$u=24$　线圈节距　$y=5$　绕组系数　$K_{dp}=0.933$

2. 嵌线方法　绕组采用交叠嵌线法，吊边数为5。嵌线顺序见下表：

表 1.4.38　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	48	47	46	45	44	43		42		41		40		39		38		37
	上层							48		47		46		45		44		43	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	…			69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
槽号	下层		36		35		…				11		10		9		8		7
	上层	42		41		40	…			17		16		15		14		13	
嵌绕次序		79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
槽号	下层		6		5		4		3		2		1						
	上层	12		11		10		9		8		7		6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　本例双层叠式绕组全部由交叠双圈组成，每相有8组线圈，分4个支路连接，即每一支路由相邻的同相线圈组反极性串联而成，然后把4个支路按相邻反极性并联成4路。在新系列电动机中，一般48槽8极都选用单层链式布线，故此型式绕组仅用于老产品，实例有JO—73—8等。

1.4.39　72槽8极(y=7)双层叠式绕组

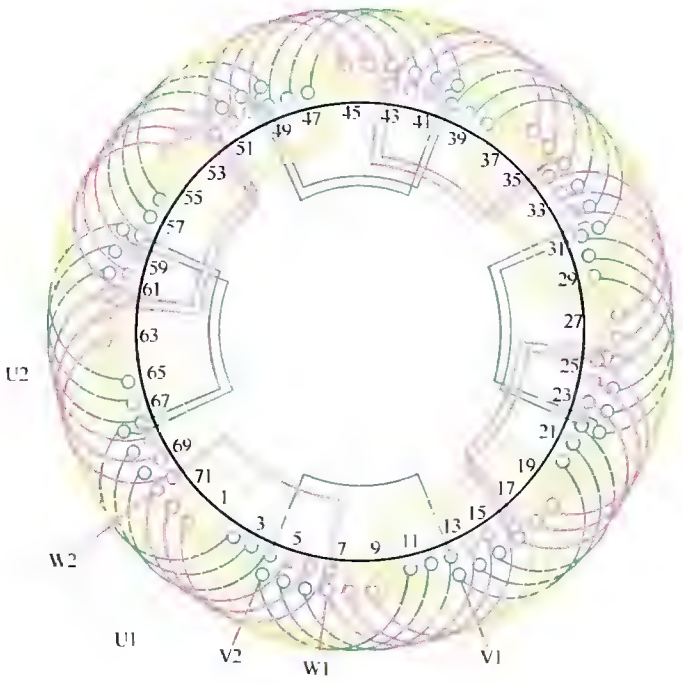


图　1.4.39

1. 绕组参数

定子槽数	Z=72	每组圈数	S=3	并联路数	a=1
电机极数	$2p$=8	极相槽数	q=3	分布系数	K_d=0.96
总线圈数	Q=72	绕组极距	τ=9	节距系数	K_1=0.94
线圈组数	u=24	线圈节距	y=7	绕组系数	K_{dp}=0.902

2. 嵌线方法　本例采用交叠法嵌线．吊边数为7。嵌线顺序见下表：

表 1.4.39　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	72	71	70	69	68	67	66	65		64		63		62		61		60		59		58		57
	上层									72		71		70		69		68		67		66		65	
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	12	13	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层		56		55		54		53		52		51		50		49		48		47		46		45
	上层	61		63		62		61		60		59		58		57		56		55		54		53	
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	…			108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
嵌入槽号	下层		44		43		42		41	…			15		14		13		12		11		10		9
	上层	52		51		50		49		…				22		21		20		19		18		17	
嵌绕次序		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
嵌入槽号	下层		8		7		6		5		1		3		2		1								
	上层	16		15		14		13		12		11		10		9		8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　本例采用一路串联接线．并选用较短的正常节距．绕组系数较低，主要应用于高压三相中型的电动机．如JR—126—8．Y400—8等

1.4.40　72槽8极(y=8)双层叠式绕组

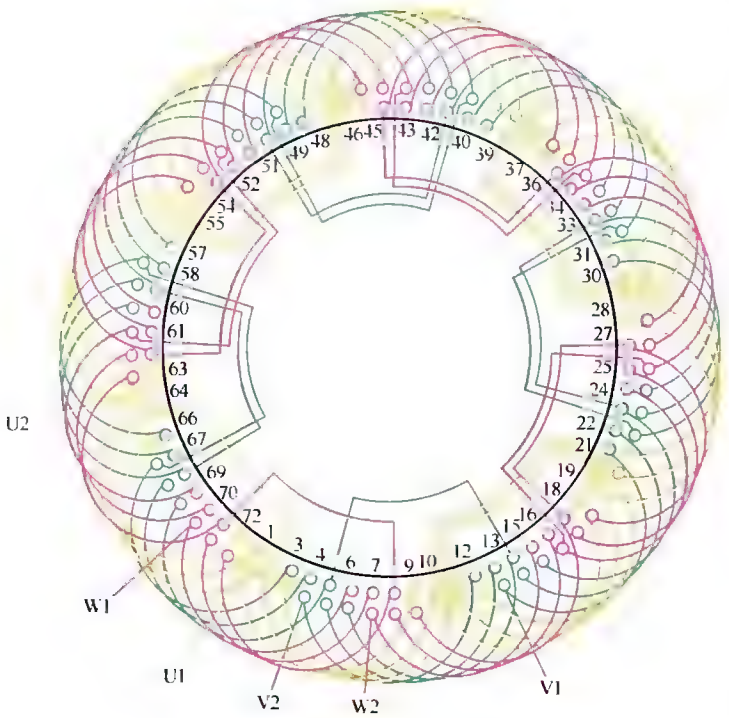


图　1.4.40

1. 绕组参数

定子槽数	Z=72	每组圈数	S=3	并联路数	a=1
电机极数	$2p$=8	极相槽数	q=3	分布系数	K_d=0.96
总线圈数	Q=72	绕组极距	τ=9	节距系数	K_p=0.985
线圈组数	u=24	线圈节距	y=8	绕组系数	K_{dp}=0.946

2. 嵌线方法　绕组采用交叠嵌线，吊边数为8。嵌线顺序见下表：

表 1.4.40　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	72	71	70	69	68	67	66	65	64		63		62		61		60		59		58		57	
	上层										72		71		70		69		68		67		66		65
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	10	41	12	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层	56		55		54		53		52		51		50		49		48		47		46		45	
	上层		64		63		62		61		60		59		58		57		56		55		54		53
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	…			110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
嵌入槽号	下层	44		43		42		41		40		…				13		12		11		10		9	
	上层		52		51		50		49		48	…			22		21		20		19		18		17
嵌绕次序		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
嵌入槽号	下层	8		7		6		5		4		3		2		1									
	上层		16		15		14		13		12		11		10		9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　本例仍为一路串联接线，但线圈节距增加1槽，绕组系数略高于上例。此绕组仅应用于高电压中型电动机，实例有Y—400—8中某些规格产品。

1.4.41　60槽10极($y=5$)双层叠式绕组

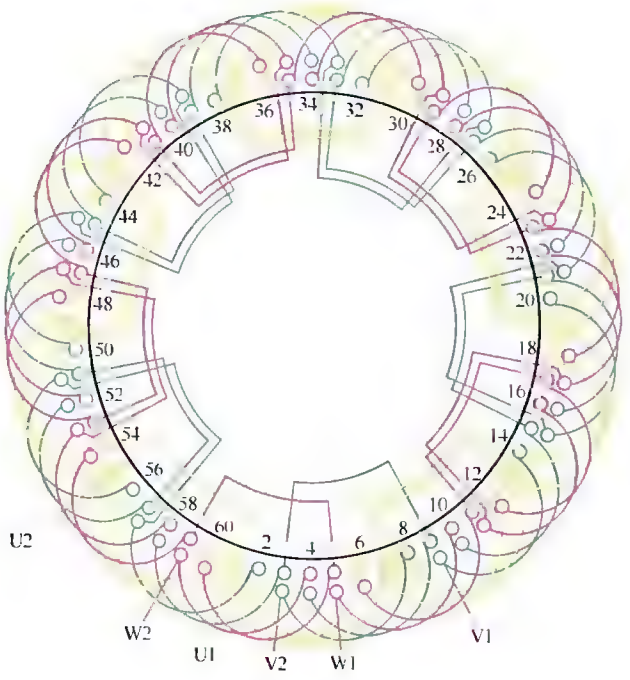


图　1.4.41

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=60$　每组圈数　$S=2$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=10$　极相槽数　$q=2$　分布系数　$K_q=0.966$

总线圈数　$Q=60$　绕组极距　$\tau=6$　节距系数　$K_p=0.966$

线圈组数　$u=30$　线圈节距　$y=5$　绕组系数　$K_{dp}=0.933$

2. 嵌线方法　本例采用交叠嵌线法，吊边数为5。嵌线顺序见下表：

表1.4.41　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	60	59	58	57	56	55		54		53		52		51		50		49		48		47		46
	上层							60		59		58		57		56		55		54		53		52	
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层		45		44		43		42		41		40		39		38		37		36		35		34
	上层	51		50		49		48		47		46		45		44		43		42		41		40	
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	…		
嵌入槽号	下层		33		32		31		30		29		28		27		26		25		24		…		
	上层	39		38		37		36		35		34		33		32		31		30		29	…		
嵌绕次序		97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
嵌入槽号	下层		9		8		7		6		5		4		3		2		1						
	上层	15		14		13		12		11		10		9		8		7		6	5	4	3	2	1

3. 特点与应用　此例为60槽10极电机的常用布接线基本形式。主要应用实例有JO2L-92-10铝绕组电动机等。

1.4.42　60槽10极($y=5$、$a=2$)双层叠式绕组**

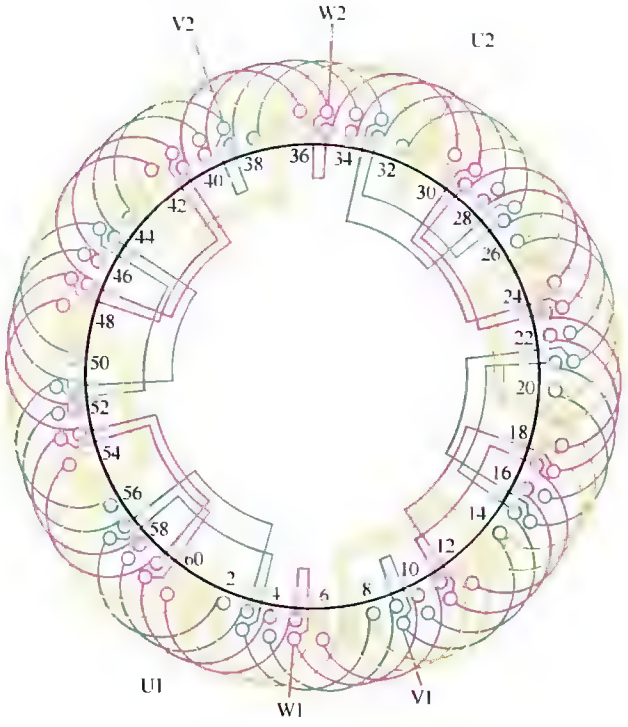


图　1.4.42

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=60$　每组圈数　$S=2$　并联路数　$a=2$

电机极数　$2p=10$　极相槽数　$q=2$　分布系数　$K_d=0.966$

总线圈数　$Q=60$　绕组极距　$\tau=6$　节距系数　$K_p=0.966$

线圈组数　$u=30$　线圈节距　$y=5$　绕组系数　$K_{dp}=0.933$

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为5。嵌线顺序见下表：

表 1.4.42　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	60	59	58	57		56		55		54		53		52		51
	上层							2		1		60		59		58		57	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	…			95	96	97	98	99	100	101	102
槽号	下层		50		49		48		…				12		11		10		9
	上层	56		55		54		53	…			18		17		16		15	
嵌绕次序		103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
槽号	下层		8		7		6		5		4		3						
	上层	14		13		12		11		10		9		8	7	6	5	4	3

3. 特点与应用　此绕组是由上例基本形式改变接线而成，并联支路数为2，每一支路由5个双联组按相邻反极性串联接线。主要应用实例有JO2—82—10及铝绕组电动机JO2L—81—10等。

1.5 三相单双层混合式绕组布线接线图

单双层混合式绕组简称单双层绕组，其出现大约在20世纪60年代末它是以双层短距叠绕组为基础演变而来，即把同槽内同相的上下层线圈边合并成单层线圈，而同槽不同相则保留双层布线，从而便构成既有单层又有双层线圈的混合式绕组。

构成单双层的必要条件是短距，但又不能超短距，因此，其线圈节距必须满足：

$$\tau > y > (\tau - q + 1)$$

单双层绕组是一种性能较优的绕组型式，它既保留了双层短距能改善磁场波形，又可削减高次谐波，提高起动性能，降低附加损耗等，此外，还使槽满率得到改善；绕组用线长度能有效缩短而节省线材；如果应用于转子绕组还有利于散热而降低温升。但其主要不足是从单一规格线圈变成多种尺寸线圈，而且还要嵌入单双层，给嵌绕增加了难度而不利于工效的提高。所以标准系列(包括Y系列)产品中尚未被采用。然而，发现近年的单双层绕组电机在增加。究其原因，主要是由于铜价飞涨所致。一些小厂为生存计，不得不选用工艺难度较大的绕组，以换取节省材料来降低成本，而部分有能力的修理者也只得增加技术难度来提高收益。由此而将单双层绕组推向于实用。所以，趁《新2版图集》遗补之机，充实本节内容，或可方便读者选用。

单双层绕组布线A、B类之分，源自单相正弦绕组，但常见的是B类；而A类因其大线圈的双层布线被改为单层，而为同心交叉式代之，所以极少见，仅在《新2版》中存有一例。

一、绕组参数

总线圈数：它包括双层和单层线圈的总和，但与线圈节距平均值有关，即线圈节距缩短越少，则单层大线圈数越多，而总线圈数越少。

显极　$Q = 2pmS$

庶极　$Q = pmS$

极相槽数：电动机一相绕组在极距内所占槽数

$$q = Z / 2pm$$

每组圈数：是指一组线圈包括单、双层线数之和，即 $S = S_单 - S_双$，其中 $S_单$ 是组内单层线圈数；$S_双$ 为组内双层线圈数

线圈组数：指一相绕组包含线圈组的总数

显极　$u = 2pm$

庶极　$u = pm$

绕组极距：计算同1.1节

绕组节距：它有两种表示形式：

y 是同心线圈组中，线圈的实际节距；

y_1 是同心线圈组的平均节距，也是单双层绕组演变前，双叠绕组的线圈节距

绕组系数：根据线圈平均节距计算

二、绕组特点

(1) 它具有双层叠绕可选用短节距线圈的特点而获得较好的电磁性能；

(2) 单双层绕组平均匝长少于相应的双层绕组，可节省铜线，降低附加损耗，提高效率；

(3) 线圈数较双层绕组少，且同心线圈端部交叠少，嵌绕方便；

(4) 单双层线圈匝数不等，大小线圈分布复杂而给布接线带来一定困难

三、绕组嵌线

单双层混合式绕组只能采用交叠式嵌线，嵌线一般规律为：逐个先嵌小圈($S_双$)的下层边，后退再嵌($S_单$)大圈沉边，嵌完一组向后退空$S_单$槽，再嵌另组小圈下层边、大圈沉边。循此嵌线，直至完成

四、绕组接线

绕组有显极和庶极布线，接线同其它单层绕组

1.5.1　16槽2极($y_p=7$)单双层混合式(不规则布线)绕组

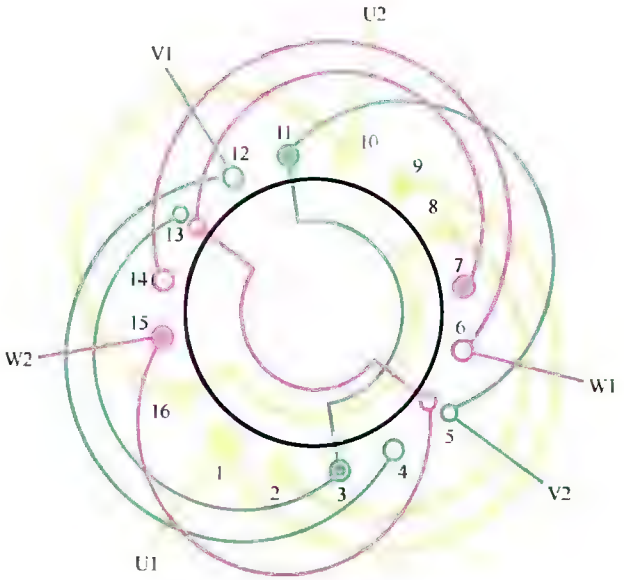


图　1.5.1

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=16$　每组圈数　$S=2、1$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=2$　极相槽数　$q=2\frac{2}{3}$　线圈节距　$y=8、6$

总线圈数　$Q=9$　绕组极距　$\tau=8$　绕组系数　$K_{dp}=0.974$

线圈组数　$u=6$　每槽电角　$\alpha=22.5°$

2. 嵌线方法　本绕组有两种嵌线方法：一种是把三相绕组分别嵌入，无需吊边，最后构成三平面绕组；另一种是交叠嵌法，但要吊边，嵌线顺序见下表：

表 1.5.1　交叠嵌线法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	2	1	15	13		12		10		7		6		5				
	浮边					3		4		16		13		11		11	5	4	3

3. 特点与应用　在电气设备维修中，为应付生产，往往会采用一些应急措施，使设备在非正常情况下运行，通常称之为“江湖术”。本例绕组采用的不规则同心交叉式布线就是电机绕组中的“江湖术”做法。本来16槽铁心原为单相电动机专用，它不适用于三相，但早期资源缺乏，有人曾将其绕制三相绕组，也是不得已而为之。

16槽定子安排2极绕组，采用同心交叉式时如图所示。由于每相有3只线圈，所以必须出现两槽安排双层，为了满足对称，它又安排在对称的位置上，而且再把U相的同心大线圈安排半槽匝数，完成位置(相位)的对称。此外，还要考虑充分利用铁心，本绕组把V、W两相的同心大线圈安排满槽匝数以提高槽满率，但为了三相匝数平衡又不得不将U相两只小线圈的匝数减至满槽匝数的75%。然而，这种非正规的安排依然会对磁场的对称度产生不利影响，所以一般不宜采用，仅供参考

1.5.2　16 槽 2 极单双层混合式(不规则叠式布线)绕组

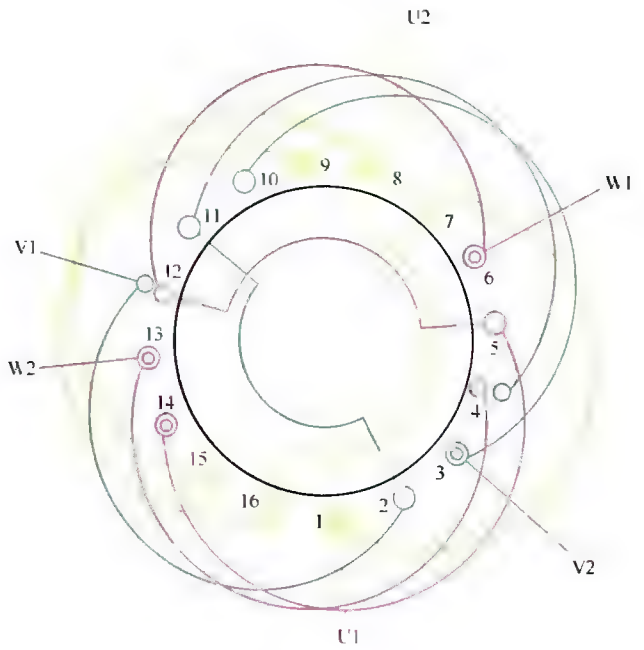


图　1.5.2

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=16$　每组圈数　$S=1\frac{1}{2}$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=2$　极相槽数　$q=2\frac{2}{3}$　线圈节距　$y=(1-7)$

总线圈数　$Q=9$　绕组极距　$\tau=8$　(8—15、9—16)

线圈组数　$u=6$　每槽电角　$\alpha=22.5°$　绕组系数　$K_{dp}=0.96$

2. 嵌线方法　绕组只适宜采用交叠嵌线。嵌线是先嵌 1 槽、退空 2 槽嵌 2 槽，再嵌半槽退空 2 槽，吊边数为 3。嵌线顺序见下表：

表 1.5.2　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
单层槽号	沉边	1	14	13			9		8		6				3				
	浮边					2		16		15				11		10	7	5	
双层槽号	下层				12								4						
	上层											12			1				4

3. 绕组特点与应用　本例为显极式绕组。16 槽定子嵌绕单层 2 极则缺 2 槽。若不采用空槽方案则可将 2 槽安排双层，从而形成不规则单双层混合的交叉式绕组。即每相由 2 组线圈构成，其中一组为单圈，另一组是交叠等距双圈。若两相绕组的单圈和双圈中的一只线圈只能安排半槽匝数，而有一相则全部是单层线圈。但为维持三相串联匝数相同，其线圈匝数也必须与其它两相相同。因此，绕组必须采用相同匝数的线圈，而且其线圈匝数等于每槽匝数的一半。这样就导致单层槽的槽满率很低，使铁心得不到充分利用；即使这样安排，但定子磁场分布依然是不均匀的，所以可能会产生振动和噪声。改绕时也要慎用

1.5.3　24槽2极($y_p=10$、$a=2$)单双层混合式(B类)绕组

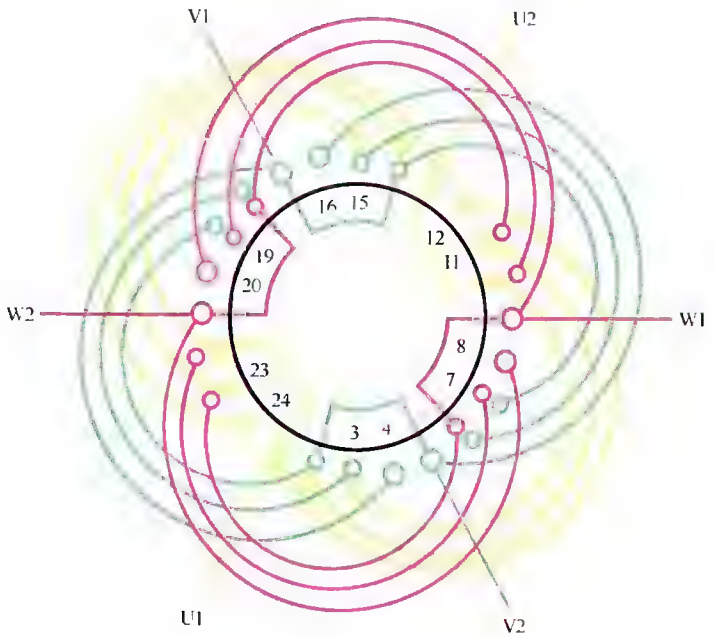


图　1.5.3

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=24$　每组圈数　$S=3$　并联路数　$a=2$

电机极数　$2p=2$　极相槽数　$q=4$　线圈节距　$y=11$、9、7

总线圈数　$Q=18$　绕组极距　$\tau=12$　绕组系数　$K_{y}=0.925$

线圈组数　$u=6$　每槽电角　$\alpha=15°$

2. 嵌线方法　本例采用交叠法嵌线，吊边数为6。嵌线时先嵌3槽，退空1槽再嵌3槽，余类推。所嵌3槽是指一组线圈中的两个双层有效边下层边和一个单层线圈的沉边。具体嵌序见下表：

表 1.5.3　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
双层槽号	下层	3	2		23	22		19		18				15		14			
	上层								2		3				22		23		
单层槽号	沉边			1			21					17						13	
	浮边												1						24

嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
双层槽号	下层	11		10				7		6									
	上层		18		19				11		15				11	10		7	6
单层槽号	沉边					9						5							
	浮边						20						16	12			8		

3. 特点与应用　本例是由 $y=10$、$q=4$ 的双叠绕组演变而来，每组由3只同心线圈构成，每相两组线圈反极性并联。它除具有原双层叠式短距绕组优点外，因线圈数少6只，吊边数也减少6边，具有嵌线方便的优点。目前主要应用于小型绕线式电动机转子绕组。

1.5.4　16槽4极单双层混合式(不规则链式布线)绕组**

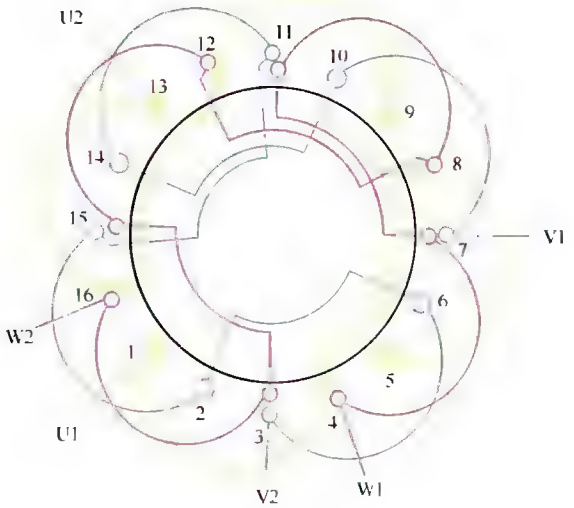


图　1.5.4

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=16$	每组圈数	$S=1$	并联路数	$a=1$
电机极数	$2p=4$	极相槽数	$q=1\frac{1}{3}$	线圈节距	$y=1\sim4$
总线圈数	$Q=12$	绕组极距	$\tau=4$	绕组系数	$K_{dp}=1$
线圈组数	$u=12$	每槽电角	$\alpha=45°$		

2. 嵌线方法　　嵌线有两种方法：

(1) 交叠法　　嵌线一般从单层槽开始，连嵌3槽后，退空出1槽，再嵌3槽。吊边数为2。嵌线顺序见下表：

表 1.5.4(a)　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
单层槽号	沉边	1				13						9						5							
	浮边				2						14						10						6		
双层槽号	下层		16	15				12		11				8		7				4		3			
	上层						16		15				12		11				8		7			1	3

(2) 整嵌法　　整嵌无需吊边而逐相分层嵌入，先嵌的线圈端部在底层平面，次嵌相在中层面，最后相在上层平面。因交叠层次多，一般较少采用。嵌线顺序见下表：

表 1.5.4(b)　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	底层	1	4	13	16	9	12	5	8																
	中层									4	7	16	3	12	15	8	11								
	面层																	7	10	3	6	15	2	11	11

3. 绕组特点与应用　　本例系显极布线。由于定子16槽无论嵌绕单链或双链的4极电机都会出现部分槽数余缺，为此，本例采用双层布线，每相1只(组)线圈，总共空余8个半槽，从而构成不规则的单双层混合绕组。因为有半空槽，实际铁心有效利用较低。此绕组在正规产品中无应用，主要见于原单相电动机改绕成三相电动机。

1.5.5　30槽4极（$y_p=6$）单双层混合式（不规则布线）绕组[***]

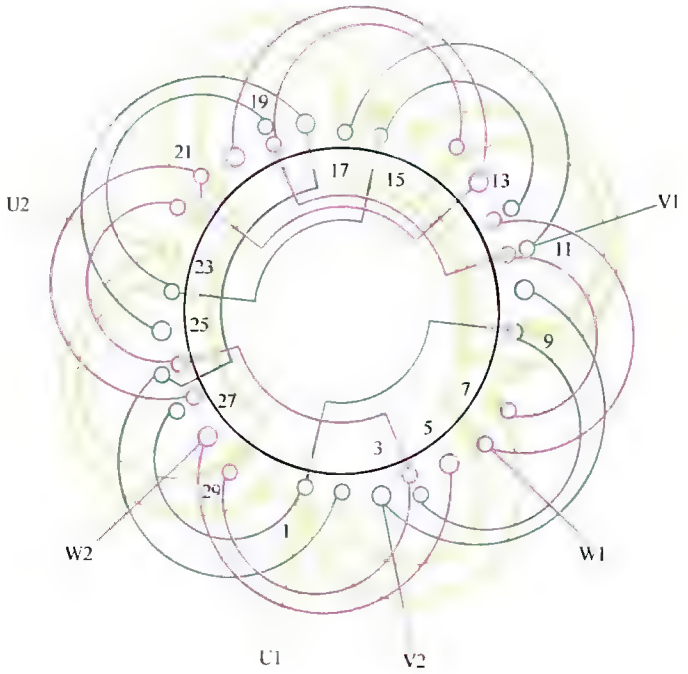


图　1.5.5

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=30$	绕组极距	$\tau=7\frac{1}{2}$	线圈节距	$y=7、6、5、4$
电机极数	$2p=4$	极相槽数	$q=2\frac{1}{2}$	分布系数	$K_d=0.957$
总线圈数	$Q=24$	每槽电角	$\alpha=24°$	节距系数	$K_p=0.951$
线圈组数	$u=12$	并联路数	$a=1$	绕组系数	$K_{dp}=0.91$
每组圈数	$S=2$				

2. 嵌线方法　绕组采用交叠嵌线，因有两种规格线圈组，嵌线应参照图中安排进行。嵌线顺序见下表：

表 1.5.5　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	29	28	27		26		24		23		22		21		19	
	上层						1		2		29		30		26		27		21
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层	18		17		16		14		13		12		11		9		8	
	上层		25		21		22		19		20		16		17		14		15
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48						
槽号	下层	7		6		4		3											
	上层		11		12		9		10	6	7	4	5						

3. 绕组特点与应用　本例是由 $y=6$ 的双层叠式分数绕组演变而构成分布不规则的单双层绕组。绕组由两种线圈组组成：一是双层同心双线圈；另一是单双层组合同心双线圈。此外，两组线圈节距不相同，共采用4种不同的节距，就工艺而言极不合理，故此绕组不是理想的方案，仅作为一种特殊型式结构的参考示例，并无实用意义

1.5.6　30 槽 4 极（$y_p=7$）单双层混合式（同心交叉布线）绕组***

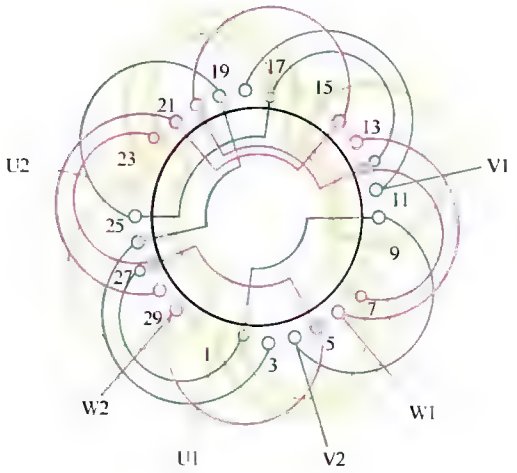


图　1.5.6

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=30$	每组圈数	$S=1\frac{1}{2}$	并联路数	$a=1$
电机极数	$2p=4$	极相槽数	$q=2\frac{1}{2}$	线圈节距	$y=7、6、5$
总线圈数	$Q=18$	每槽电角	$\alpha=24^{\circ}$	分布系数	$K_d=0.957$
线圈组数	$u=12$	绕组极距	$\tau=7\frac{1}{2}$	节距系数	$K_1=0.994$

绕组系数　$K_{dp}=0.951$

2. 嵌线方法　本绕组采用交叠法嵌线，需吊边数为 3。嵌线顺序见下表：

表 1.5.6　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	29	27		26		24		22		21		19		17		16
	上层					2		3		30		27		28		25		22	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层		14		12		11		9		7		6		4				
	上层	23		20		17		18		15		12		13		10	7	8	5

3. 绕组特点与应用　本例绕组由同心双圈和单圈构成单双层，它具有普通单双层的特点，又有交叉绕组的特色，故设标题为“同心交叉”单双层；此外每组大线圈安排为单层，故属“B 类”。此例采用显极布线，接线时必须使同相相邻线圈组极性相反。因总线圈数比双叠减少超过 1/3，利于嵌绕，可作为 $y=7$ 的双叠绕组的替代型式。

1.5.7　32 槽 4 极(y_p=7)单双层混合式(非正规布线)绕组

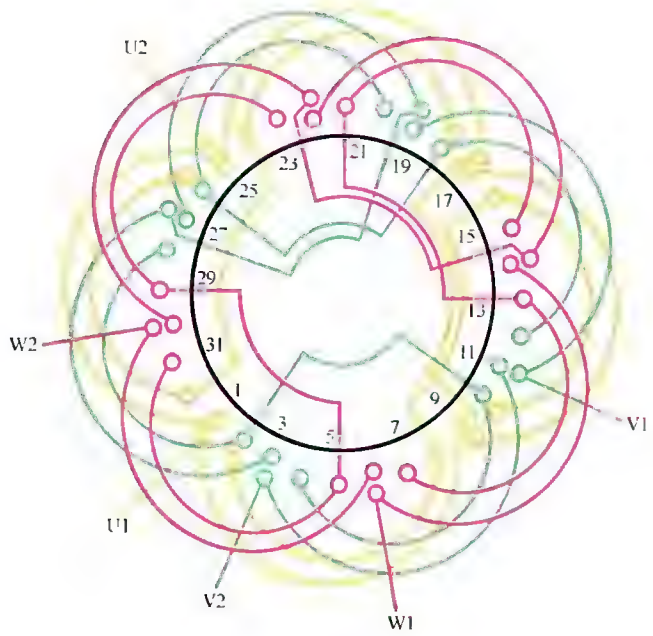


图　1.5.7

1. 绕组参数

定子槽数　Z=32　每组圈数　S=2　并联路数　a=1

电机极数　$2p$=4　极相槽数　q=2⅔　线圈节距　y=8、6

总线圈数　Q=24　绕组极距　τ=8　绕组系数　K_p=0.974

线圈组数　u=12　每槽电角　α=22.5°

2. 嵌线方法　绕组采用交叠嵌线法．为了简化制表．特将单层线圈的沉边拟称“下层”；浮边拟称“上层”。绕组嵌线顺序见下表：

表 1.5.7　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
槽号	下层	4	3	2	1	31		30	28		27		26		25		23	
	上层						5			2		3		32		1		29
嵌绕次序		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
槽号	下层	22		20		19		18		17		15		14		12		11
	上层		30		26		27		24		25		21		22		18	
嵌绕次序		35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48			
槽号	下层		10		9		7		6									
	上层	19		16		17		13		14	10	11	8	9	6			

3. 特点与应用　32 槽定子也是单相电动机专用．由单相改三相是无法按正规要求安排绕组的．因此本例采用单双层同心布线也属非正规安排．由图可见．在 W 相中的 4 个小线圈本可嵌入满槽匝数．但为满足三相平衡．也只好安排半槽匝数．即全部线圈均为半槽线圈．所以铁心利用率很低．此外．由于各槽匝数不均．也会对磁场产生影响而导致电磁效果较差．慎用

1.5.8　36 槽 4 极(y_p=8、a=2)单双层混合式(B 类)绕组

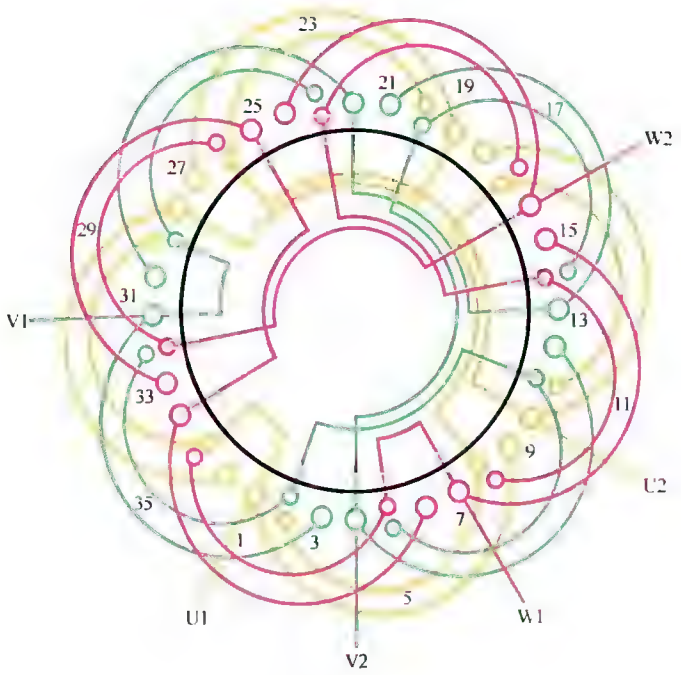


图　1.5.8

1. 绕组参数

定子槽数　Z=36　每组圈数　S=2　并联路数　a=2

电机极数　$2p$=4　极相槽数　q=3　线圈节距　y=8、6

总线圈数　Q=24　绕组极距　τ=9　绕组系数　K_{dp}=0.951

线圈组数　u=12　每槽电角　α=20°

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为 4，嵌线规律是嵌 2 槽后退空 1 槽，再嵌 2 槽，余类推。嵌线顺序见下表：

表 1.5.8　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下层	2	1	35	34	32		31		29		28		26		25		23		22		20		19	
	上层						2		3		35		36		32		33		29		30		26		27
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
槽号	下层	17		16		14		13		11		10		8		7		5		4					
	上层		23		24		20		21		17		18		14		15		11		12	8	9	5	6

3. 特点与应用　本例绕组采用显极布线，是由 y=8、q=3 的双层叠式绕组演变而来，每组由同心双圈组成，每相有 4 组线圈，绕组每相分二路，并在进线后按相反方向走线，每一支路由正、反各一组线圈串联而成，使同相相邻线圈组的极性相反。此绕组嵌线也较方便，吊边数要比双层叠式绕组减少一半。本绕组主要用于绕线式转子，如 YR225M1－4 就有厂家采用这种型式绕组。

1.5.9　36槽4极(y_p=8、a=4)单双层混合式(B类)绕组

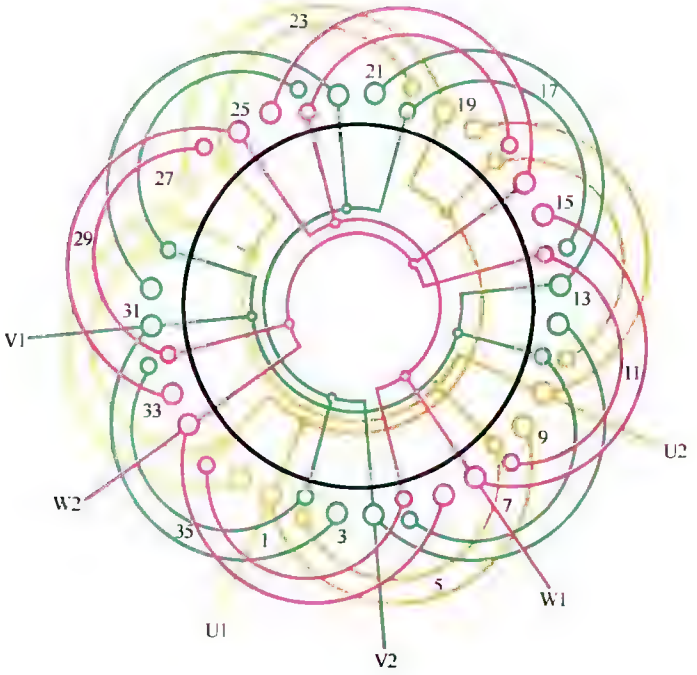


图　1.5.9

1. 绕组参数

定子槽数　Z=36　每组圈数　S=2　并联路数　a=4

电机极数　$2p$=4　极相槽数　q=3　线圈节距　y=8、6

总线圈数　Q=24　绕组极距　τ=9　绕组系数　K_q=0.951

线圈组数　u=12　每槽电角　α=20°

2. 嵌线方法　本例采用交叠法嵌线，其基本规律是嵌入2槽，后退空出1槽，然后再嵌2槽，如此循环，直至完成。为简化制表本例把单层线圈的沉边拟称“下层”；浮边拟称“上层”。嵌线顺序见下表：

表1.5.9　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下层	2	1	35	34	32		31		29		28		26		25		23		22		20		19	
	上层						2		3		35		36		32		33		29		30		26		27
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
槽号	下层	17		16		14		13		11		10		8		7		5		4					
	上层		23		24		20		21		17		18		14		15		11		12	8	9	5	6

3. 特点与应用　本绕组与上例相同，但采用4路并联接线，即绕组由同心双圈组构成，每一组线圈为一支路，每相相邻线圈组反方向并联，使之极性相反。此绕组是从y=8、q=3的双层叠式演变而成，它的总线圈数比原来减少1/3；采用交叠法嵌线时，吊边数减少一半，故嵌线相对较方便。此绕组主要用于改绕，在某些厂家在YR225M2—4的转子中采用这种型式。

1.5.10　48槽4极(y_p=10)单双层混合式(B类)绕组

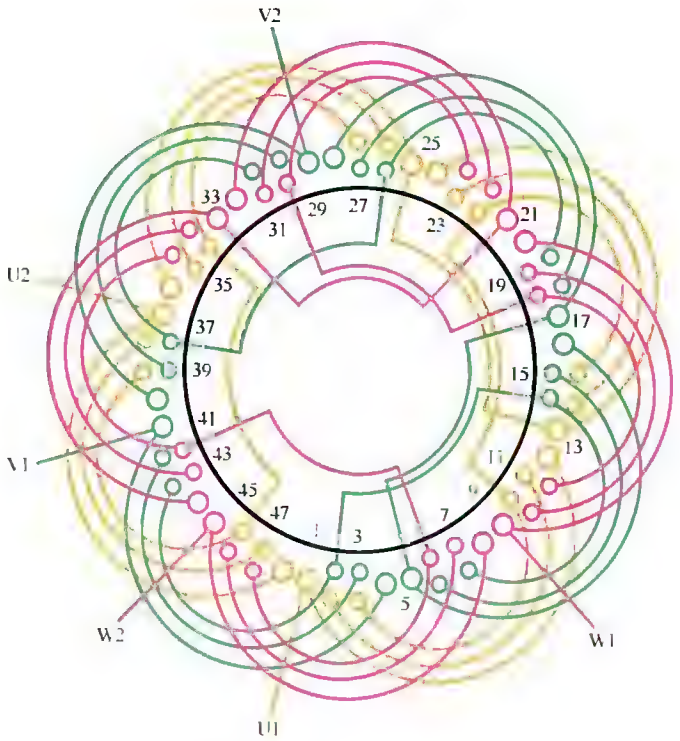


图　1.5.10

1. 绕组参数

定子槽数　Z=48　每组圈数　S=3　并联路数　a=1

电机极数　$2p$=4　极相槽数　q=4　线圈节距　y=11、9、7

总线圈数　Q=36　绕组极距　τ=12　绕组系数　K_{dp}=0.92

线圈组数　u=12　每槽电角　α=15°

2. 嵌线方法　本例嵌线采用交叠法，先嵌入3个线圈边，另边吊起，退空1槽后再嵌3个线圈边，另边仍吊起，退空1槽后即可整嵌其余线圈。嵌线顺序见下表：

表 1.5.10　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	2	1	47	46	45	43		42		41		39		38		37	
	上层								2		3		4		46		47		48
嵌绕次序		19	20	21	22	23	…			45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	下层	35		34		33	…			18		17		15		14		13	
	上层		42		43		…				27		28		22		23		24
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层	11		10		9		7		6		5							
	上层		18		19		20		14		15		16	10	11	12	6	7	8

3. 特点与应用　绕组全部由三联同心线圈构成，每相4组线圈，按照同相相邻反极性串联成一路。三相结构相同，但在空间相位上互差120°电角。此绕组较双叠绕组的线圈数减少13，吊边数也减少4边，嵌绕都比较方便。主要应用于某厂家的YLB160-2、4电动机

1.5.11　48槽4极(y_p=10、a=2)单双层混合式(B类)绕组

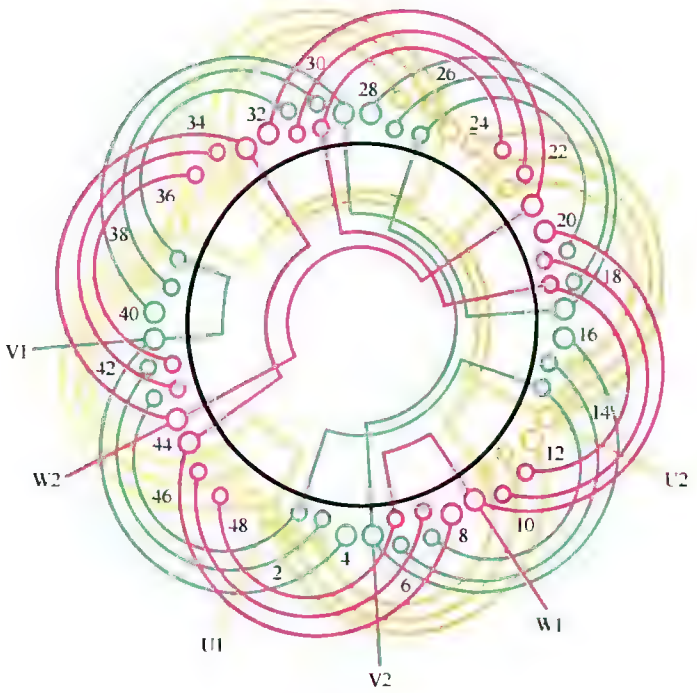


图　1.5.11

1. 绕组参数

定子槽数　Z=48　每组圈数　S=3　并联路数　a=2

电机极数　$2p$=4　极相槽数　q=4　线圈节距　y=11、9、7

总线圈数　Q=36　绕组极距　τ=12　绕组系数　K_{dp}=0.92

线圈组数　u=12　每槽电角　α=15°

2. 嵌线方法　本例嵌线采用交叠法，首先嵌入3个下层边，退空1槽再嵌3个下层边，再退空1槽后开始整嵌各线圈。嵌线顺序见下表：

表 1.5.11　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	2	1	47	46	45	43		42		41		39		38		37	
	上层								2		3		4		16		47		18
嵌绕次序		19	20	21	…			43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	下层				…			19		18		17		15		14		13	
	上层				…				26		27		28		22		23		24
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层	11		10		9		7		6		5							
	上层		18		19		20		14		15		16	10	11	12	6	7	8

3. 特点与应用　本例单双层绕组每相有4组线圈，分2路接线，每一支路由相邻两组反极性串联，然后再将其并联构成二路接线。绕组每组有3只线圈，其中最大节距的线圈是单层布线，其余两只小线圈则采用双层布线。此绕组总线圈数仅为双叠的2/3，有利于嵌绕制作。主要应用于YLB180-1-4部分电动机产品中。

1.5.12　48槽4极($y_p=10$、$a=4$)单双层混合式(B类)绕组

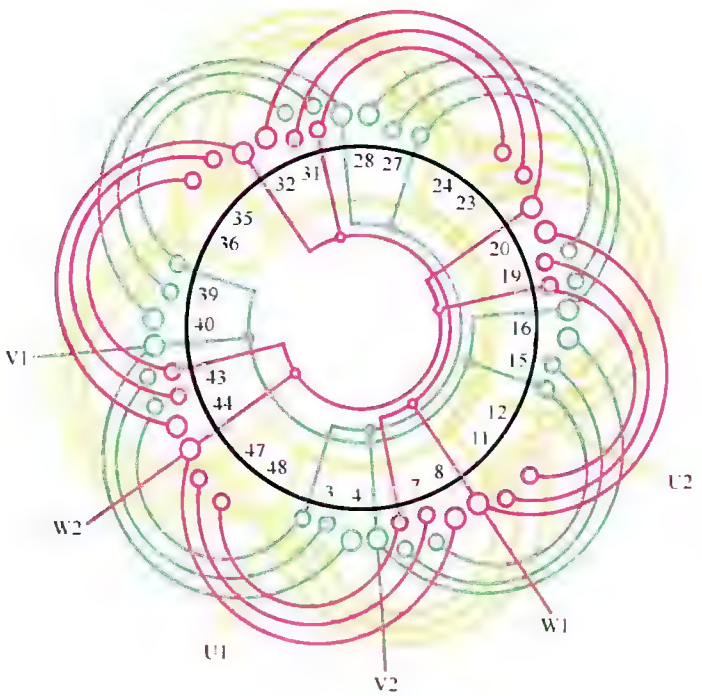


图　1.5.12

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=48$　每组圈数　$S=3$　并联路数　$a=4$

电机极数　$2p=4$　极相槽数　$q=4$　线圈节距　$y=11$、9、7

总线圈数　$Q=36$　绕组极距　$\tau=12$　绕组系数　$K_{dp}=0.92$

线圈组数　$u=12$　每槽电角　$\alpha=15°$

2. 嵌线方法　嵌线采用交叠法，需吊边数为6。嵌至第7只线圈时，可将此线圈两边相继嵌入相应槽的上下层(即整嵌)，以后逐个整嵌，当下层边(包括沉边)全部嵌入后，再把原来吊起的线圈边依次嵌入相应槽的上层。具体嵌线顺序见下表：

表1.5.12　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	2	1	17	46	45	43		42		41		39		38		37	
	上层								2		3		4		46		47		18
嵌绕次序		19	20	21	22	23	…			15	16	47	48	19	50	51	52	53	54
槽号	下层	35		31		33	…			18		17		15		14		13	
	上层		42		43		…				27		28		22		23		24
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层	11		10		9		7		6		5							
	上层		18		19		20		14		15		16	10	11	12	6	7	8

3. 特点与应用　本例全部由同心三圈组构成。每相4组线圈，并设一侧大线圈为头，另一侧小线圈为尾，则第1组头端进线与第2组尾端、第3组头端、第4组尾端并接在一起；其余线圈组也并接在一起作一相尾线。三相接线相同。应用实例有JLB2　75　4等

1.5.13　48槽4极（$y_p=11$）单双层混合式（同心交叉布线）绕组

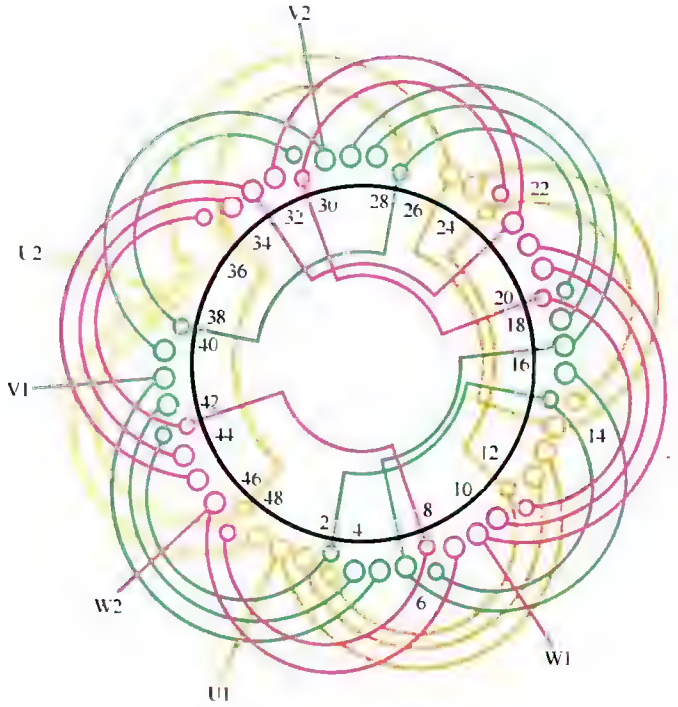


图　1.5.13

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=48$　每组圈数　$S=2\frac{1}{2}$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=4$　极相槽数　$q=4$　线圈节距　$y=12、10、8$

总线圈数　Q　30　绕组极距　$\tau=12$　绕组系数　$K_{dp}=0.949$

线圈组数　$u=12$　每槽电角　$\alpha=15$

2. 嵌线方法　本例嵌线采用交叠法，先从1圈组起嵌，完后退空1槽，嵌入2圈组下层边，再退空2槽嵌入3边　嵌线顺序见下表：

表 1.5.13　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	2	1	47	46	43		42		41		39		38		35		34
	上层							3		1		5		47		46		43	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	…		38	39	40	41	42	
槽号	下层		33		31		30		27		26	…		18		19		15	
	上层	44		45		39		40		35		…			28		29		
嵌绕次序		43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
槽号	下层		14		11		10		9		7		6						
	上层	23		24		19		20		21		17		16	11	12	13	8	7

3. 特点与应用　本例较前例的平均节距（y_1）增加1槽，使每相的单层线圈增加2只，而总线圈数减至30只，所以更利于嵌绕操作。另外，由于每组线圈数为分数，故使同相相邻两组线圈数不等，即由3圈组和2圈组轮换安排且反极性连接。此绕组应用于某厂家的YR250M2－4电动机转子绕组

1.5.14　48槽4极($y_p=11$、$a=2$)单双层混合式(同心交叉布线)绕组

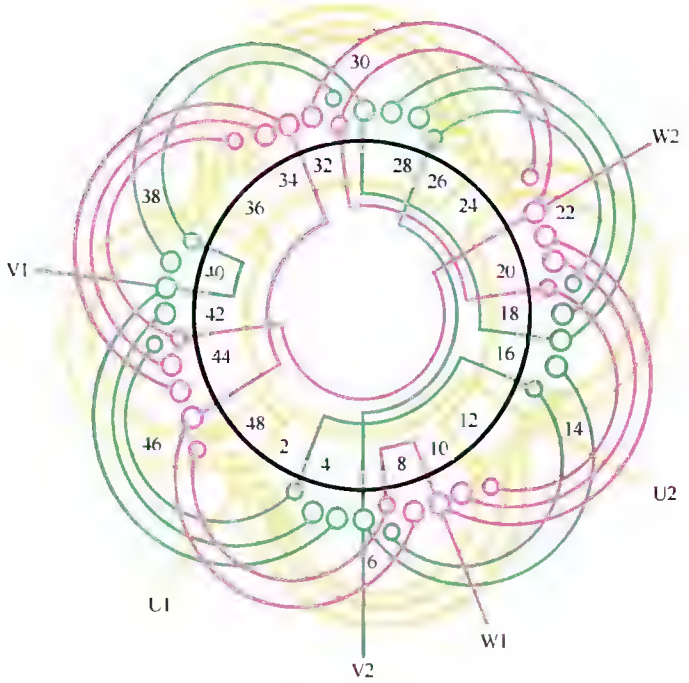


图　1.5.14

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=48$	每组圈数	$S=2\frac{1}{2}$	并联路数	$a=2$
电机极数	$2p=4$	极相槽数	$q=4$	线圈节距	$y=12$、10、8
总线圈数	$Q=30$	绕组极距	$\tau=12$	绕组系数	$K_{dp}=0.949$
线圈组数	$u=12$	每槽电角	$\alpha=15°$		

2. 嵌线方法　本例采用交叠法嵌线，嵌线的基本规律是：嵌入3槽，退空1槽，再嵌2槽，再退空2槽后嵌入3槽。如此循环，直至完成。嵌线顺序见下表：

表 1.5.14　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	2	1	47	46	43		12		41		39		38		35		34
	上层							3		4		5		17		18		13	
嵌绕次序		19	20	21	22	23		…		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
槽号	下层		33		31			…			23		22		18		19		15
	上层	41		45		39		…		35		33		32		28		29	
嵌绕次序		43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
槽号	下层		14		11		10		9		7		6						
	上层	23		24		19		20		21		15		16	11	12	13	8	7

3. 特点与应用　本绕组与上例基本相同，但改接2路并联，接线时在进线后分左右两方向走线，即每支路由一个3圈组和一个双圈组反向串联而成。本绕组适用于定子绕组改绕，主要应用有YR250M2-4、YR280S-4等电动机的转子绕组。

1.5.15　60槽4极($y_1=12$、$a=4$)单双层混合式(B类)绕组

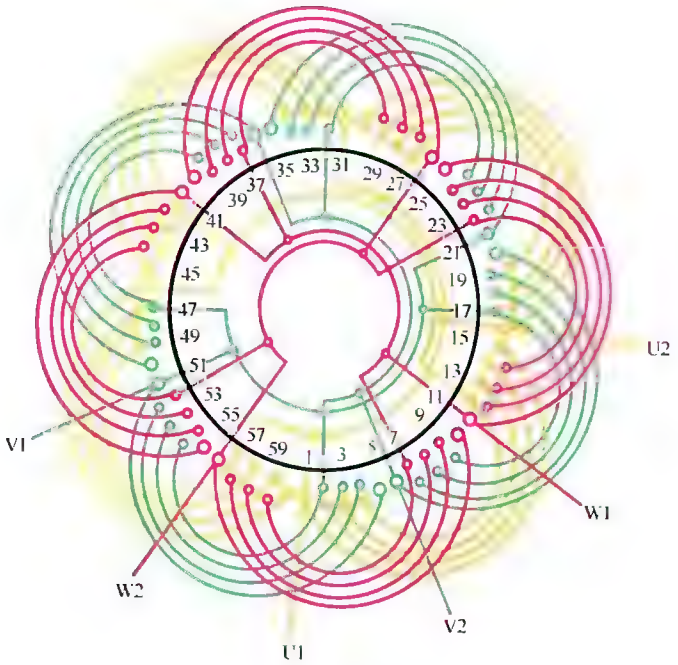


图　1.5.15

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=60$　每组圈数　$S=4$　并联路数　$a=4$

电机极数　$2p=4$　极相槽数　$q=5$　线圈节距　$y=14$、12、10、8

总线圈数　$Q=48$　绕组极距　$\tau=15$　绕组系数　$K_{dp}=0.91$

线圈组数　$u=12$　每槽电角　$\alpha=12°$

2. 嵌线方法　本绕组采用交叠法嵌线。嵌线的基本规律是：嵌4槽，退空1槽，再嵌4槽，再退空1槽后，连续整嵌一组(4只)线圈，退空1槽再整嵌。嵌线顺序见下表：

表1.5.15　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	4	3	2	1	59	58	57	56	54		53		52		51		49	
	上层										2		3		1		7		57
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	…			71	72	73	74	75	76	77	78
槽号	下层	48		47		46		44	…			16		14		13		12	
	上层		58		59		60		…				30		22		23		24
嵌绕次序		79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
槽号	下层	11		9		8		7		6									
	上层		25		17		18		19		20	12	13	14	15	7	8	9	10

3. 特点与应用　本例是显极布线，全部绕组由12组同心线圈组成，每组4圈，每相4组，分别按同相相邻反极性并联成4个支路。本绕组单层线圈较少，故总线圈数仍较多，不能充分体现单双层布线的优点，主要应用于JR126—4的改绕

1.5.16　60槽4极($y_p=13$、$a=2$)单双层混合式(同心交叉布线)绕组

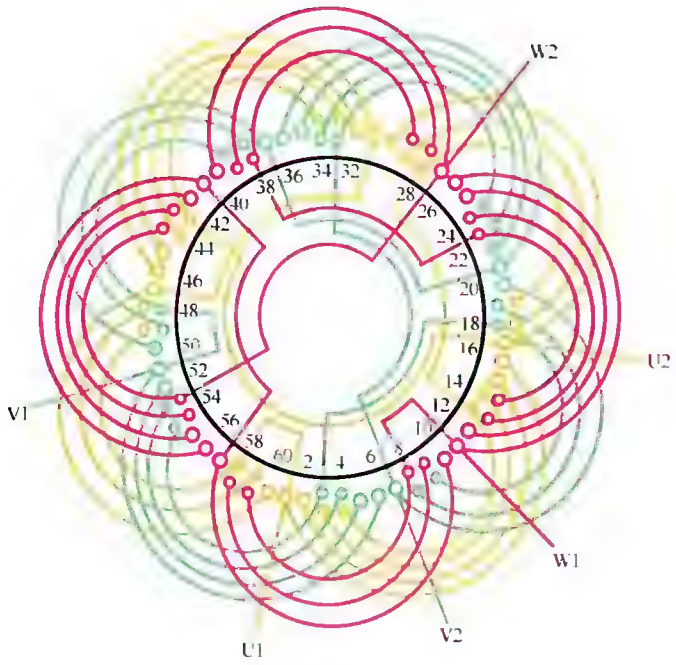


图　1.5.16

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=60$	每组圈数	$S=3\frac{1}{2}$	并联路数	$a=2$
电机极数	$2p=4$	极相槽数	$q=5$	线圈节距	$y=15$、13、11、9
总线圈数	$Q=42$	绕组极距	$\tau=15$	绕组系数	$K_{xp}=0.936$
线圈组数	$u=12$	每槽电角	$\alpha=12°$		

2. 嵌线方法　本绕组采用交叠法嵌线，吊边数为7，嵌线顺序见下表：

表 1.5.16　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	4	3	2	1	59	58	57	54		53		52		51		49		48
	上层									3		4		5		6		58	
嵌绕次序		19	20	21	22	…			56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
槽号	下层		47		44	…			21		19		18		17		14		13
	上层	59		60		…				36		28		29		30		23	
嵌绕次序		67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
槽号	下层		12		11		9		8		7								
	上层	24		25		26		18		19		20	13	14	15	16	8	9	10

3. 特点与应用　本绕组采用同心线圈交叉式布线，大组为4联，小组为3联，交替分布，即每相由2个4联组和2个3联组构成，因系2路接线，每相相邻的大小联按反极性串联成一个支路，然后再将2个支路并联。主要应用于某厂家生产的YLB-1-4和JR2-S1-4等电动机

1.5.17　60槽4极(y_p=14、a=2)单双层混合式(B类)绕组

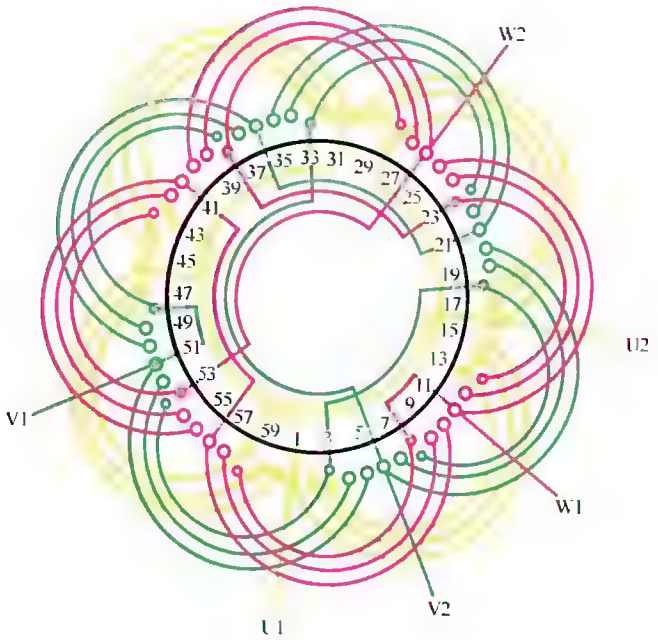


图　1.5.17

1. 绕组参数

定子槽数　Z=60　每组圈数　S=3　并联路数　a=2

电机极数　$2p$=4　极相槽数　q=5　线圈节距　y=14、12、10

总线圈数　Q=36　绕组极距　τ=15　绕组系数　K_{dp}=0.952

线圈组数　u=12　每槽电角　α=12°

2. 嵌线方法　本例采用交叠法嵌线，嵌线的基本规律是：嵌3槽，退空2槽，再嵌3槽，余类推。嵌线需吊边数为6。嵌线顺序见下表：

表1.5.17　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	2	1	58	57	56	53		52		51		48		47		16	
	上层								3		4		5		58		59		60
嵌绕次序		19	20	21	22	…			44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	下层	43		42		…			22		21		18		17		16		
	上层		53		54	…			33		34		35		28		29		30
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层	13		12		11		8		7		6							
	上层		23		24		25		18		19		20	13	14	15	8	9	10

3. 特点与应用　本绕组采用等圈的线圈组，每组3圈，每相4组线圈分二路并联。绕组单层线圈较多，占了全绕组的2/3，即较之双叠绕组减少线圈近半，较能体现单双层绕组的优点。因此，可在一定程度减少用铜量以节约成本。本绕组可用于4极双层叠式绕组的改绕

1.5.18　36 槽 6 极（$y_p=5$）单双层混合式（同心交叉布线）绕组

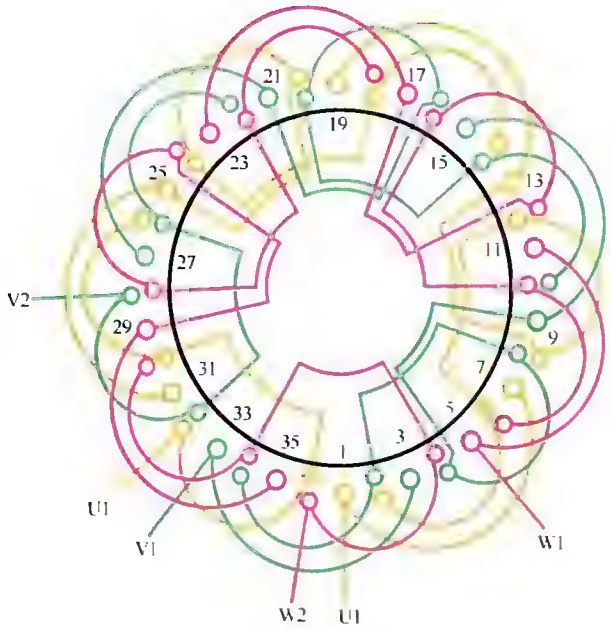


图　1.5.18

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=36$　每组圈数　$S=1\frac{1}{2}$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=6$　极相槽数　$q=2$　线圈节距　$y=6、4$

总线圈数　$Q=27$　绕组极距　$\tau=6$　绕组系数　$K_{dp}=0.933$

线圈组数　$u=18$　每槽电角　$\alpha=30°$

2. 嵌线方法　嵌线采用交叠法，嵌入 3 槽下层边（单层线圈没有上下层之分，但为了简化表格，特将单层线圈的沉边拟称下层边；其浮边则拟称上层边。下同），后退空出一槽再嵌入 3 槽，余类推。嵌线顺序见下表：

表 1.5.18　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	36	34		33		32		30		29		28		26		25
	上层					2		3		36		34		35		32		30	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层		24		22		21		20		18		17		16		14		13
	上层	31		28		26		27		21		22		23		20		18	
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	下层		12		10		9		8		6		5		4				
	上层	19		16		14		15		12		10		11		8	6	7	4

3. 特点与应用　本例是由 $y=5$ 的双层叠绕组演变而成，绕组由同心双圈和单圈组构成，其中小线圈节距为 4；大线圈节距是 6。每相中双圈组与单圈组交替安排，故称同心交叉布线。此绕组见用于某厂家生产的 YR132M1-6 电动机的转子绕组。

1.5.19　36槽6极($y_p=5$、$a=3$)单双层混合式(同心交叉布线)绕组

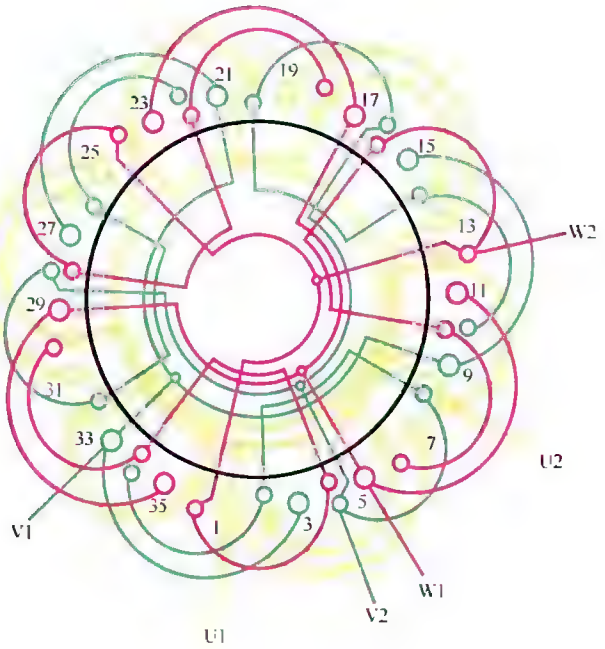


图　1.5.19

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=36$　每组圈数　$S=1\frac{1}{2}$　并联路数　$a=3$

电机极数　$2p=6$　极相槽数　$q=2$　线圈节距　$y=6$、4

总线圈数　$Q=27$　绕组极距　$\tau=6$　绕组系数　$K_{dp}=0.933$

线圈组数　$u=18$　每槽电角　$\alpha=30°$

2. 嵌线方法　本绕组采用交叠嵌线，先嵌3个下层边，退空一槽再嵌3边，如此类推。嵌线顺序见下表：

表1.5.19　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	36	31		33		32		3		29		28		26		25
	上层					2		3		36		34		35		32		30	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层		24		22		21		20		18		17		16		14		13
	上层	31		28		26		27		24		22		23		20		18	
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	下层		12		10		9		8		6		5		4				
	上层	19		16		14		15		12		10		11		8	6	7	4

3. 特点与应用　本绕组结构与上例相同，即每相由3组双圈和3组单圈轮换安排；但改为三路并联，因此，每一支路由一双圈组和一单圈组反串而成。另外，本绕组的全部大节距线圈用单层布线；全部小节距线圈为双层布线。总线圈数比双叠绕组少9只，而且吊边数也少，有利于嵌线操作。此绕组应用于6极电动机改绕。

1.5.20　45 槽 6 极（$y_p=7$）单双层混合式（同心交叉布线）绕组

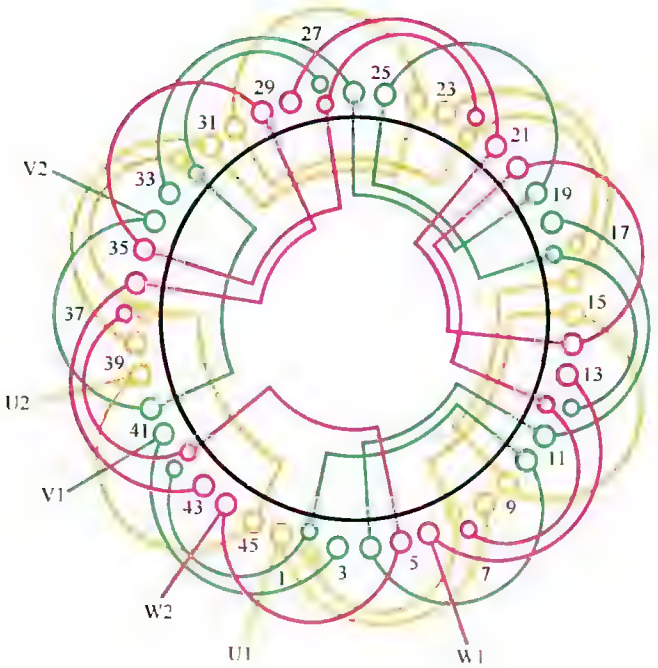


图　1.5.20

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=45$　每组圈数　$S=1\frac{1}{2}$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=6$　极相槽数　$q=2\frac{1}{2}$　线圈节距　$y=7$、6、

总线圈数　$Q=27$　绕组极距　$\tau=7\frac{1}{2}$　绕组系数　$K_{dp}=0.952$

线圈组数　$u=18$　每槽电角　$\alpha=24°$

2. 嵌线方法　本例宜用交叠法嵌线，嵌线从同心双圈组的小线圈开始，嵌入 2 槽后退空一槽嵌一槽，再退空一槽嵌 2 槽，余类推。嵌线顺序见下表：

表 1.5.20　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	44	42		41		39		37		36		34		32		31
	上层					2		3		45		42		43		40		37	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层		29		27		26		24		22		21		19		17		16
	上层	38		35		32		33		30		27		28		25		22	
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	下层		14		12		11		9		7		6		4				
	上层	23		20		17		18		15		12		13		10	7	8	5

3. 特点与应用　本例是分数槽绕组，其极距也是分数，故三相进线只能安排接近于 120°电角，对绕组影响不大。绕组由同心双圈和单圈构成，每相有 6 组线圈，双圈和单圈轮换布线，并使同相相邻线圈组的极性相反。此绕组在定子中应用较少，主要见于某厂家的 JZR2 12　6 的转子绕组

1.5.21　45槽6极($y_p=7$、$a=3$)单双层混合式(同心交叉布线)绕组

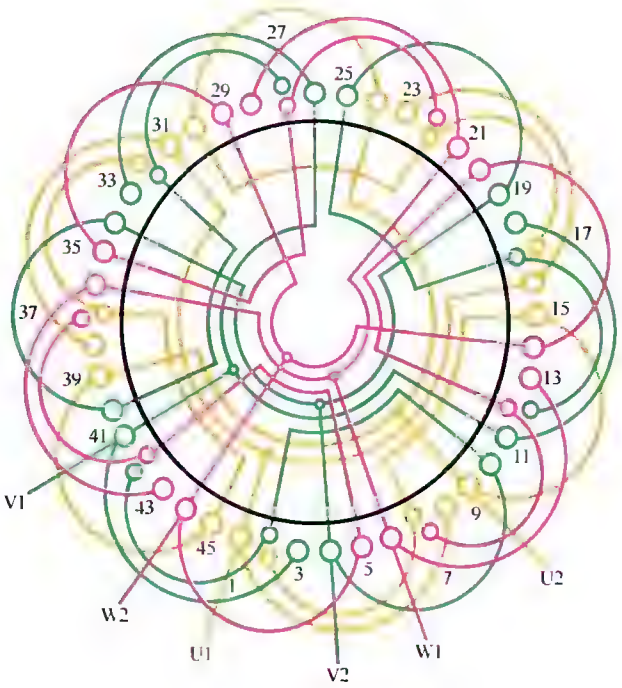


图　1.5.21

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=45$	每组圈数	$S=1\frac{1}{2}$	并联路数	$a=3$
电机极数	$2p=6$	极相槽数	$q=2\frac{1}{2}$	线圈节距	$y=7$、6、5
总线圈数	$Q=27$	绕组极距	$\tau=7\frac{1}{2}$	绕组系数	$K_{dp}=0.952$
线圈组数	$u=18$	每槽电角	$\alpha=24°$		

2. 嵌线方法　本例绕组是单双层的同心交叉式结构．嵌线采用交叠法时．先嵌入双圈的小线圈的下层边和大圈沉边(嵌线表拟作下层边)．退空1槽后再嵌2槽．余类推。嵌线顺序见下表：

表 1.5.21　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	44	42		41		39		37		36		34		32		31
	上层					2		3		45		42		43		40		37	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层		29		27		26		24		22		21		19		17		16
	上层	38		35		32		33		30		27		28		25		22	
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	下层		11		12		11		9		7		6		4				
	上层	23		20		17		18		15		12		13		10	7	8	5

3. 特点与应用　本例绕组结构与上例基本相同．但采用3路并联接线．每一支路由一组双圈和一组单圈反向串联而成。此绕组较双叠式线圈数少8只且吊边数少3边．但有3种节距的线圈．故在工艺上未必有很多优越性．选用时应予考虑．主要见于JZR2—22—6电动机转子绕组

1.5.22　54槽6极(y_p=8)单双层混合式(B类)绕组

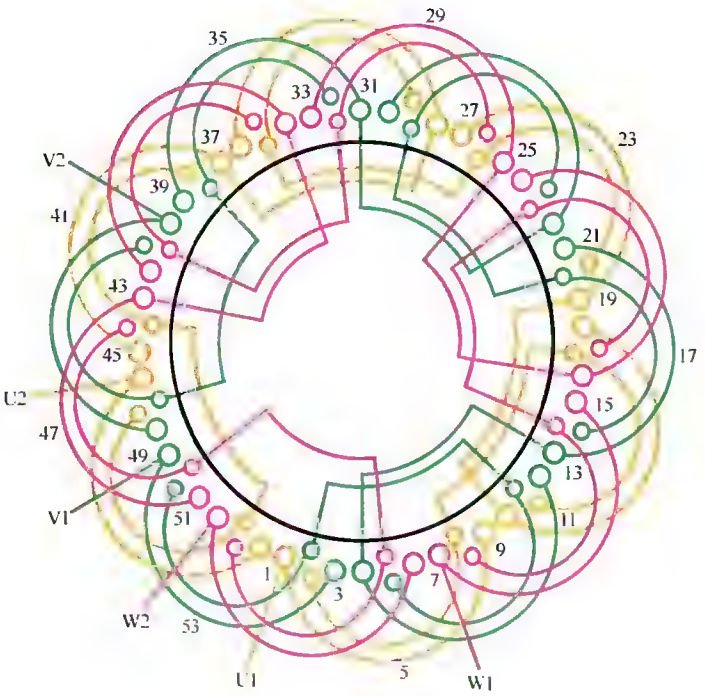


图　1.5.22

1. 绕组参数

定子槽数　Z=54　每组圈数　S=2　并联路数　a=1

电机极数　$2p$=6　极相槽数　q=3　线圈节距　y=9、7

总线圈数　Q=36　绕组极距　τ=9　绕组系数　K_{dp}=0.946

线圈组数　u=18　每槽电角　α=20°

2. 嵌线方法　绕组嵌线采用交叠法．嵌线的基本规律是：先嵌2槽．空出1槽．再嵌2槽．循此下去直至完成。嵌线时需吊起4个线圈有效边．到最后的下层边嵌完后再把原来的吊边嵌入相应槽内。嵌线顺序见下表：

表 1.5.22　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	53	52	50		49		47		46		44		43		41	
	上层						2		3		53		54		50		51		47
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	…			52	53	54
槽号	下层	40		38		37		35		34		32		…				14	
	上层		48		44		45		41		42		38	…			24		2
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层	13		11		10		8		7		5		4					
	上层		21		17		18		14		15		11		12	8	9	5	6

3. 特点与应用　本例绕组全部由同心双圈组构成．每相6组．按相邻反极性串联起来．三相接线完全相同．此绕组在国标产品的定子中没有应用．主要应用于改绕或绕线式电动机转子绕组．如YR250S-6等

1.5.23　54槽6极($y_1=8$、$a=2$)单双层混合式(B类)绕组

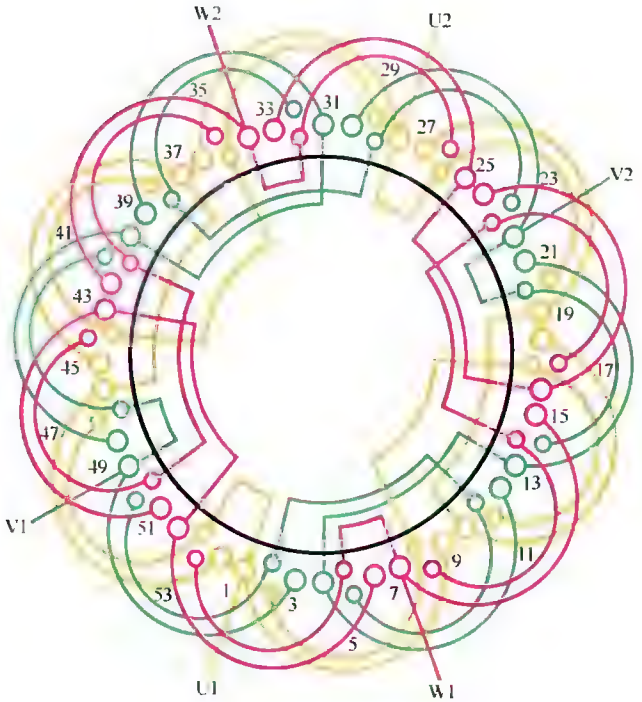


图　1.5.23

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=54$　每组圈数　$S=2$　并联路数　$a=2$

电机极数　$2p=6$　极相槽数　$q=3$　线圈节距　$y=9$、7

总线圈数　$Q=36$　绕组极距　$\tau=9$　绕组系数　$K_{dp}=0.916$

线圈组数　$u=18$　每槽电角　$\alpha=20°$

2. 嵌线方法　本例采用交叠法嵌线．吊边数为1．嵌线时先嵌2槽下层边．往后退空出1槽．再嵌入2槽．余类推．嵌线顺序见下表：

表1.5.23　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	53	52	50		49		47		46		44		43		41	
	上层						2		3		53		54		50		51		47
嵌绕次序		19	20	21	22	…			44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	下层	40		38		…				20		19		17		16		14	
	上层		48		44	…			30		26		27		23		24		20
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层	13		11		10		8		7		5		4					
	上层		21		17		18		14		15		11		12	8	9	5	6

3. 特点与应用　本例绕组与上例基本相同．即全部线圈组是同心双联组．每相由6个双联线圈组成．并分两个支路接线．每个支路包含3组线圈．按相邻反极性串联起来．然后再把两支路并接。此绕组可用于定子．但应用不多．此例见于MTKM311—6电动机

1.5.24　54槽6极(y_p=8、a=3)单双层混合式(B类)绕组

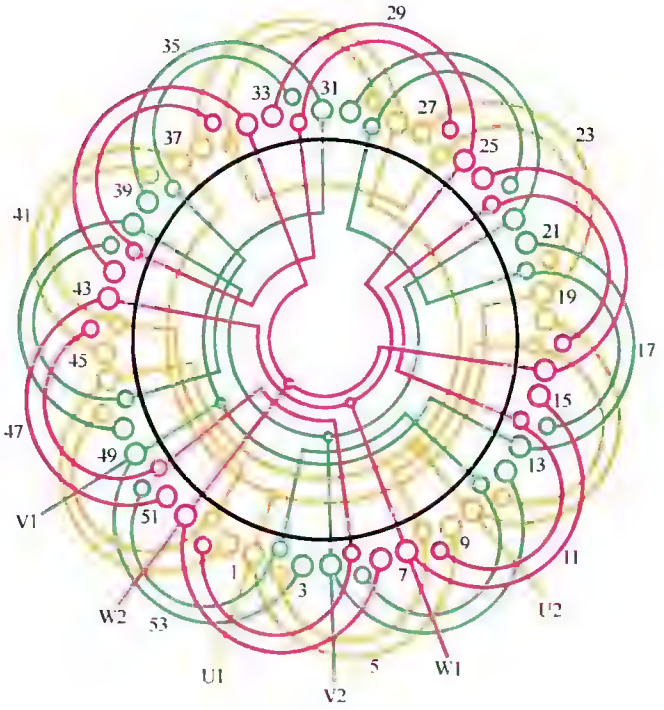


图　1.5.24

1. 绕组参数

定子槽数　Z=54　每组圈数　S=2　并联路数　a=3

电机极数　$2p$=6　极相槽数　q=3　线圈节距　y=9、7

总线圈数　Q=36　绕组极距　τ=9　绕组系数　K_{dp}=0.946

线圈组数　u=18　每槽电角　α=20°

2. 嵌线方法　绕组采用交叠吊边嵌线，吊边数为4。嵌线规律是：嵌2槽，退空1槽，再嵌2槽，再退空1槽…。嵌线顺序见下表：

表 1.5.24　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	53	52	50		49		47		16		44		43		41	
	上层						2		3		53		54		50		51		47
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	…			50	51	52	53	54
槽号	下层	40		38		37		35		34		…				16		14	
	上层		48		44		45		41		42	…			23		24		20
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层	13		11		10		8		7		5		4					
	上层		21		17		18		14		15		11		12	8	9	5	6

3. 特点与应用　本绕组与前例结构相同，即由同心双圈组成，每相6组线圈，采用3路并联，即每一支路由相邻的两组线圈反极性串联而成，并将3个支路并接构成一相绕组。三相连接相同，此绕组见用于某些厂家的绕线式电动机，如YZR250M1—6等

1.5.25　54槽6极(y_1=8、a=6)单双层混合式(B类)绕组

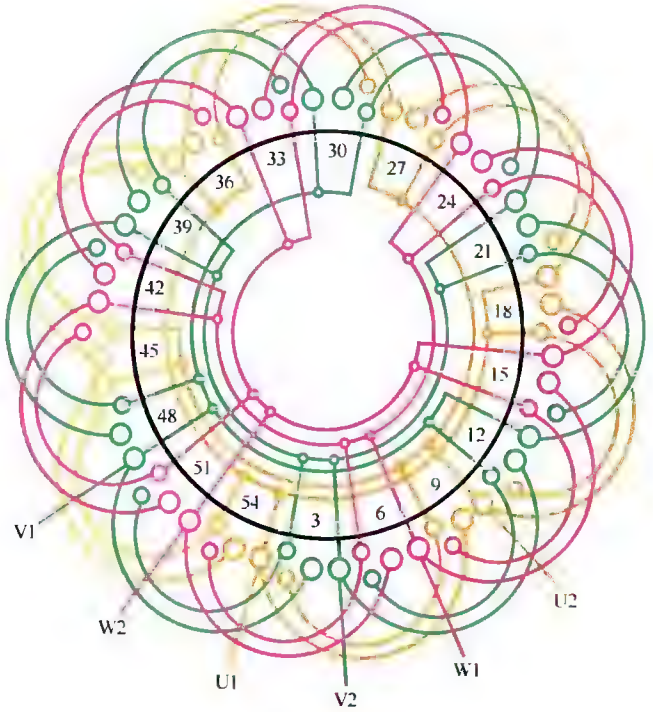


图　1.5.25

1. 绕组参数

定子槽数　Z=54　每组圈数　S=2　并联路数　a=6

电机极数　$2p$=6　极相槽数　q=3　线圈节距　y=9、7

总线圈数　Q=36　绕组极距　τ=9　绕组系数　K_q=0.916

线圈组数　u=18　每槽电角　α=20°

2. 嵌线方法　本绕组嵌线采用交叠法，吊边数为4。嵌线的一般规律是：嵌2槽，退空1槽，再嵌2槽，余类推。嵌线的顺序可参考下表：

表 1.5.25　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	53	52	50		49		47		46		44		43		41	
	上层						2		3		53		51		50		51		47
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	…			46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	下层	40		38		37		…				19		17		16		14	
	上层		48		44		45	…			26		27		23		24		20
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层	13		11		10		8		7		5		1					
	上层		21		17		18		14		15		11		12	8	9		6

3. 特点与应用　本例绕组是从节距 y=8 的双层叠绕演变而来，每组均由大小两只同心线圈组成，其中大线圈为单层布线，小线圈是安排双层。每相由6组线圈按相邻反极性并联而成，即每组线圈为一个支路。此绕组在系列产品的定子没有应用，见用于YZR280S—6等转子绕组。

1.5.26　72槽6极(y_p=10、a=2)单双层混合式(B类)绕组

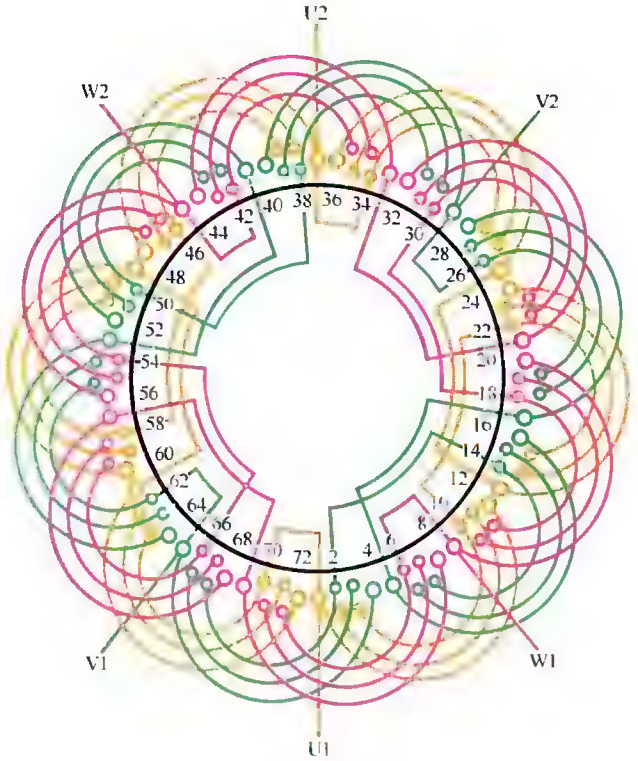


图　1.5.26

1. 绕组参数

定子槽数　Z=72　每组圈数　S=3　并联路数　a=2

电机极数　$2p$=6　极相槽数　q=4　线圈节距　y=11、9、7

总线圈数　Q=54　绕组极距　τ=12　绕组系数　K_{dp}=0.925

线圈组数　u=18　每槽电角　α=15°

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为6。嵌线的基本规律是：嵌3槽，退空2槽，再嵌3槽，余类推。嵌线顺序见下表：

表 1.5.26　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	2	1	71	70	69	67		66		65		63		62		61	
	上层								2		3		4		70		71		72
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	…			83	84	85	86	87	88	89	90
槽号	下层	59		58		57		55	…			17		15		14		13	
	上层		66		67		68		…				28		22		23		24
嵌绕次序		91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
槽号	下层	11		10		9		7		6		5							
	上层		18		19		20		14		15		16	10	11	12	6	7	8

3. 特点与应用　本例是B类布线，即每组线圈数相等，而且最大节距的同心线圈小于极距。绕组由3圈同心联组成，每组由1只单层大线圈和2只双层线圈组成；每相分2路接线，每一支路有3组线圈，采用反方向走线，但要求同相相邻的线圈组极性相反。此绕组见于JO2－81－6的改绕

1.5.27　72槽6极($y_p=10$、$a=3$)单双层混合式(B类)绕组

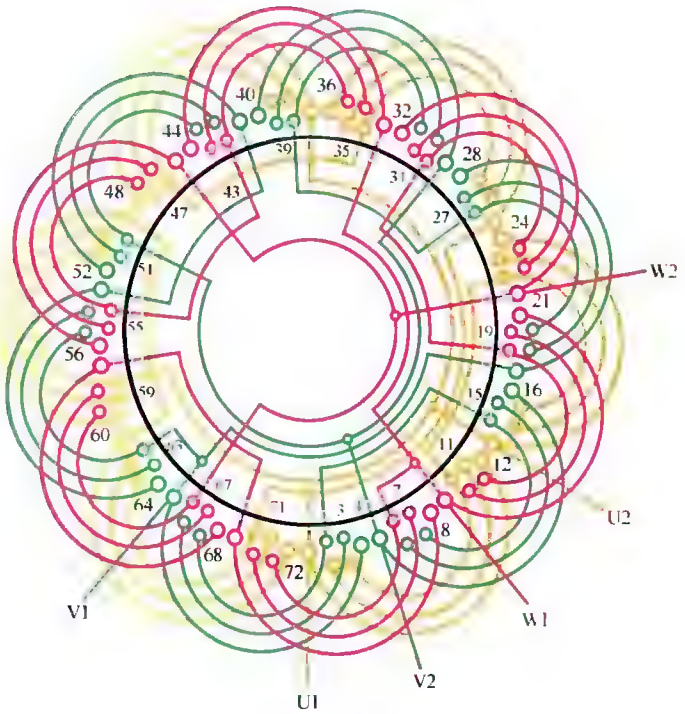


图　1.5.27

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=72$　每组圈数　$S=3$　并联路数　$a=3$

电机极数　$2p=6$　极相槽数　$q=4$　线圈节距　$y=11$、9、7

总线圈数　$Q=54$　绕组极距　$\tau=12$　绕组系数　$K_w=0.925$

线圈组数　$u=18$　每槽电角　$\alpha=15$

2. 嵌线方法　本例采用交叠法嵌线，吊边数为6。嵌线顺序见下表：

表 1.5.27　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	2	1	71	70	69	67		66		65		63		62		61	
	上层								2		3		4		70		71		72
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	…			85	86	87	88	89	90
槽号	下层	59		58		57		55		54	…			15		14		13	
	上层		66		67		68		62		…				22		23		24
嵌绕次序		91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
槽号	下层	11		10		9		7		6		5							
	上层		18		19		20		14		15		16	10	11	12	6	7	8

3. 特点与应用　本例是显极绕组，每相由6组线圈组成，每相邻两组按反极性串联构成一个支路，然后把3个支路并联构成一相，三相布线和接法相同。绕组的单层线圈只占全部线圈的1/3，从节约线材方面稍有效果，但仍能对削减高次谐波和提高电机性能方面保留了双叠绕组的优点。主要应用在某些厂家的YZR—M2—6等电动机。

1.5.28　72 槽 6 极（$y_p=10$、$a=6$）单双层混合式（B 类）绕组

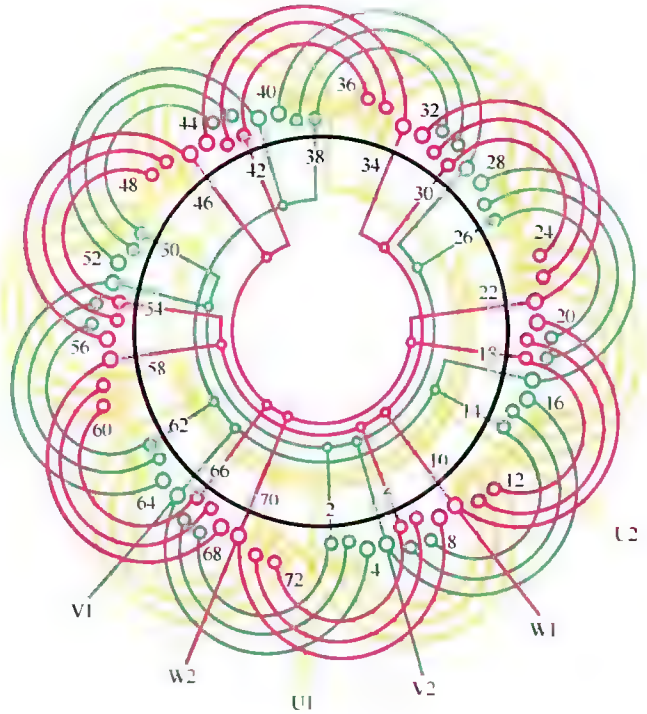


图　1.5.28

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=72$　每组圈数　$S=3$　并联路数　$a=6$

电机极数　$2p=6$　极相槽数　$q=4$　线圈节距　$y=11$、9、7

总线圈数　$Q=51$　绕组极距　$\tau=12$　绕组系数　$K_p=0.925$

线圈组数　$u=18$　每槽电角　$\alpha=15°$

2. 嵌线方法　绕组嵌线采用交叠法，先嵌入一组的两个下层边和一个单层槽，线圈另一边吊起，向后退空 2 槽不嵌，再嵌第 2 组的 3 边，再退空 2 槽后，开始整嵌余下线圈，最后把吊边逐个嵌入相应槽的上层。嵌线顺序见下表：

表 1.5.28　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	2	1	71	70	69	67		66		65		63		62		61	
	上层								2		3		4		70		71		72
嵌绕次序		19	20	21	22	…			80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
槽号	下层	39		58		…				18		17		15		14		13	
	上层		66		67	…			26		27		28		22		23		24
嵌绕次序		91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
槽号	下层	11		10		9		7		6		5							
	上层		18		19		20		14		15		16	10	11	12	6	7	8

3. 特点与应用　本例与前例的绕组特点基本相同，但采用 6 路并联，因此，要把每相 6 组线圈并接在一起，但必须使相邻的线圈组反极性。主要见于部分厂家的 Y225M--6 电动机。

1.5.29　72槽6极($y_p=11$、$a=3$)单双层混合式(同心交叉布线)绕组

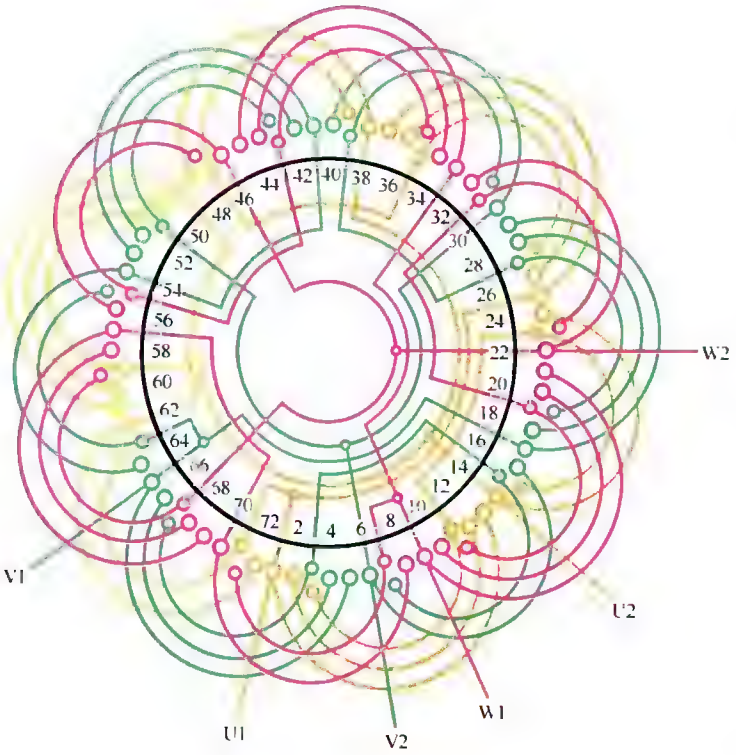


图　1.5.29

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=72$	每组圈数	$S=2\frac{1}{2}$	并联路数	$a=3$
电机极数	$2p=6$	极相槽数	$q=4$	线圈节距	$y=12$、10、8
总线圈数	$Q=45$	绕组极距	$\tau=12$	绕组系数	$K=0.949$
线圈组数	$u=18$	每槽电角	$\alpha=15°$		

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线，先嵌第1组的小线圈下层边，另边吊起，继续嵌同组的2个单层边，另边也吊起；退空1槽后再嵌2边，另边吊起；再退空2槽嵌入第3组小线圈的两边，即整个线圈嵌入相应槽内，以后便可类推整嵌。嵌线顺序见下表：

表 1.5.29　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	2	1	71	70	67		66		65		63		62		59		58
	上层							3		4		5		71		72		67	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	…			65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层		57		55		54		…				19		18		17		15
	上层	68		69		63		64	…			32		27		28		29	
嵌绕次序		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
槽号	下层		14		11		10		9		7		6						
	上层	23		24		19		20		21		15		16	11	12	13	7	8

3. 特点与应用　由于选用平均节距y_p比上例长一槽，单双层构成A类布线，但从节材计，而将最大节距线圈变为单层，演变成大小组交替的同心交叉布线。主要应用有某厂家的YX280M—6，JO3—250S—6等。

1.5.30　36槽8极($y_p=4$)单双层混合式绕组

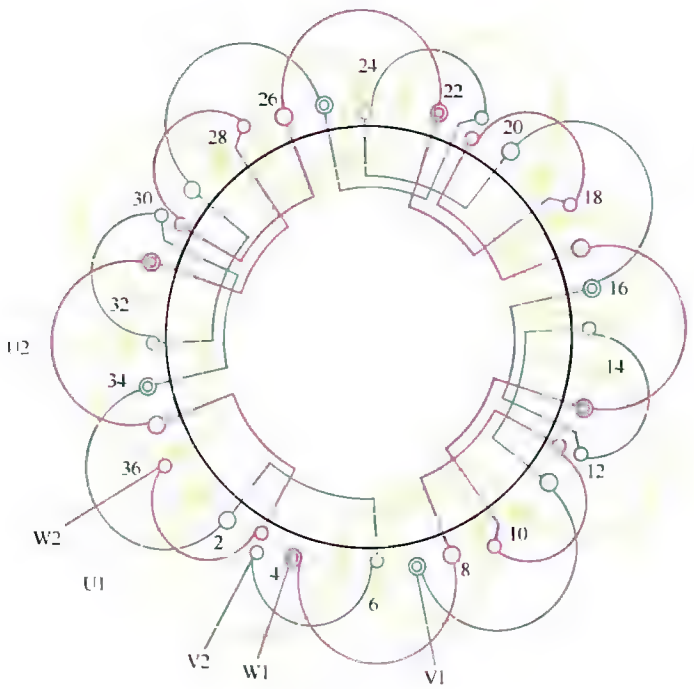


图　1.5.30

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	每组双圈	$S_双=1$	分布系数	$K_d=0.96$
电机极数	$2p=8$	极相槽数	$q=1\frac{1}{2}$	节距系数	$K_p=0.985$
总线圈数	$Q=24$	绕组极距	$\tau=4\frac{1}{2}$	绕组系数	$K_{dp}=0.946$
线圈组数	$u=24$	每槽电角	$\alpha=40°$	并联路数	$a=1$
每组单圈	$S_单=1$	线圈节距	$y=4、3$		

2. 嵌线方法　绕组采用一大一小交替嵌线，即嵌1槽(大)、再嵌1槽(小)，退1槽，又嵌1大1小。吊边数为2。嵌线顺序见下表：

表 1.5.30　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
双层槽号	下层		36			33				30				27				24				21			
	上层						36				33				30				27				24		
单层槽号	沉边	1		34				31				28				25				22				19	
	浮边				2				35				32				29				26				23

嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
双层槽号	下层	18				15				12				9				6				3			
	上层		21				18				15				12				9				6		3
单层槽号	沉边			16				13				10				7				4					
	浮边				20				17				14				11				8			5	

3. 绕组特点与应用　本例系显极式布线的分数绕组方案。它是由$q=1\frac{1}{2}$、$y=4$的双层叠式分数绕组演变而来。线圈不等距，每组为1只单层大线圈或1只双层小线圈的单一线圈组，并交替轮换分布。每相由8只线圈(组)构成，按“尾与尾”或“头与头”串接。绕组无产品实例，曾用于JO3T-90S-8电动机改绕。

1.5.31　36槽8极（$y_p=4$）单双层混合式（同心庶极布线）绕组[··]

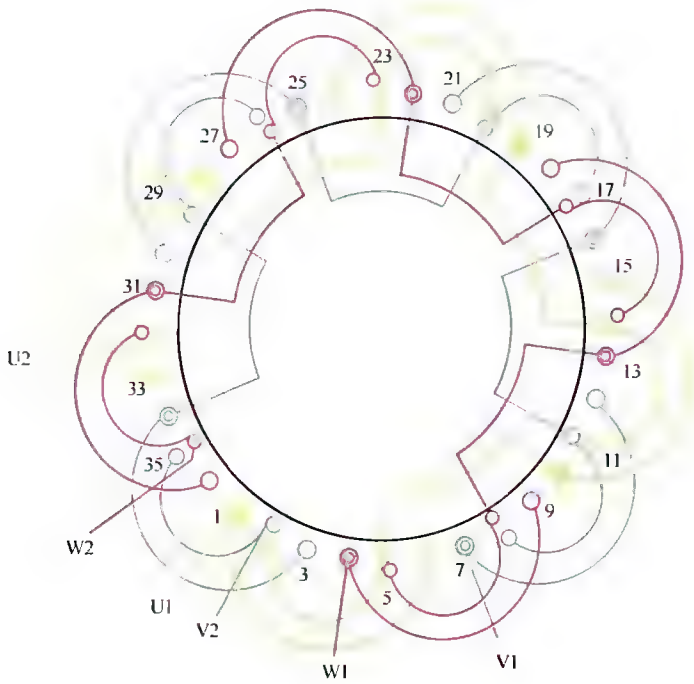


图　1.5.31

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	每组双圈	$S_{\alpha}=1$	分布系数	$K_{d}=0.96$
电机极数	$2p=8$	极相槽数	$q=1\frac{1}{2}$	节距系数	$K_{p}=0.985$
总线圈数	$Q=24$	绕组极距	$\tau=4\frac{1}{2}$	绕组系数	$K_{w}=0.946$
线圈组数	$u=12$	每槽电角	$\alpha=40°$	并联路数	$a=1$
每组单圈	$S_{单}=1$	线圈节距	$y=(1-6)(2-5)$		

2. 嵌线方法　本例是庶极布线，嵌线可用交叠法或整嵌法，整嵌是隔组嵌入形成双平面绕组；交叠嵌线吊边数2，嵌线顺序见下表：

表1.5.31　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
双层槽号	下层	2		35				32				29				26				23				20	
	上层				2				35				32				29				26				23
单层槽号	沉边		1			34				31				28				25				22			
	浮边						3				36				33				30				27		

嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
双层槽号	下层			17				14				11				8				5					
	上层				20				17				14				11				8				5
单层槽号	沉边	19				16				13				10				7				4			
	浮边		24				21				18				15				12				9	6	

3. 绕组特点与应用　本例是由$q=1\frac{1}{2}$、$y=1-5$双叠分数绕组演化而成的庶极式单双层绕组，每组由大小各1只线圈构成同心线圈组，八极绕组每相仅用4组线圈，按"头与尾"相接成相同极性，在工艺上具有线圈组数少、吊边数少等优点。此绕组应用实例不多，曾见用于YZR160L--8绕线或异步电动机转子。

1.5.32　48槽8极（$y_p=5$）单双层混合式（同心交叉布线）绕组

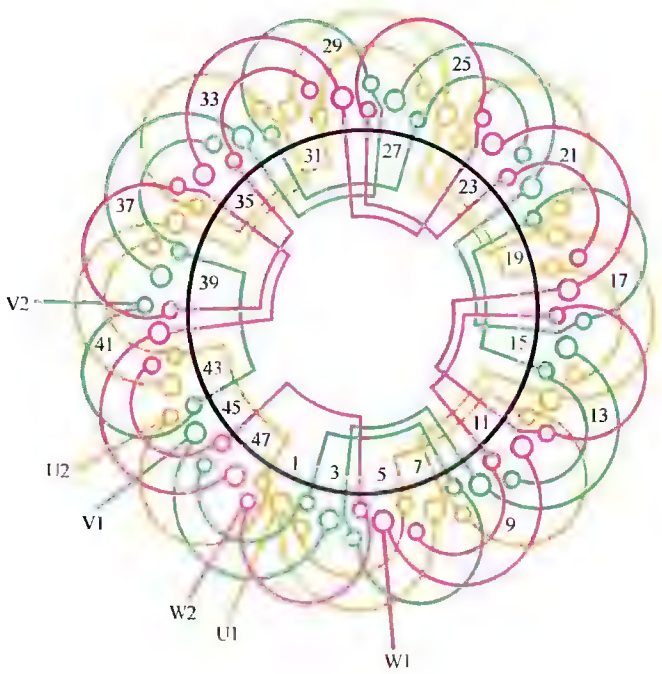


图　1.5.32

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=48$　每组圈数　$S=1\frac{1}{2}$　并联路数　$a=1$

电机极数　$2p=8$　极相槽数　$q=2$　线圈节距　$y=6、4$

总线圈数　$Q=36$　绕组极距　$\tau=6$　绕组系数　$K_{dp}=0.933$

线圈组数　$u=24$　每槽电角　$\alpha=30°$

2. 嵌线方法　本例绕组采用交叠法嵌线。嵌线基本规律是嵌3槽，退空1槽，再嵌3槽。余类推。嵌线顺序见下表：

表1.5.32　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	48	46		45		44		42		41		40		38		37
	上层					2		3		48		46		47		44		42	
嵌绕次序		19	20	21	22	…			44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	下层		36		34	…			20		18		17		16		14		13
	上层	43		40		…				24		22		23		20		18	
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层		12		10		9		8		6		5		4				
	上层	19		16		14		15		12		10		11		8	6	7	4

3. 特点与应用　本例是采用单双圈的同心交叉式布线的单双层绕组。大线圈是 $y=6$、小线圈 $y=4$。单圈与小线圈节距相同。绕组是单、双圈交替安排。一相8组线圈按反极性串联而成。本绕组在定子中采用较少，主要用于绕线式转子，如YR250S—8等。

1.5.33　48槽8极($y_p=5$、$a=2$)单双层混合式(同心交叉布线)绕组

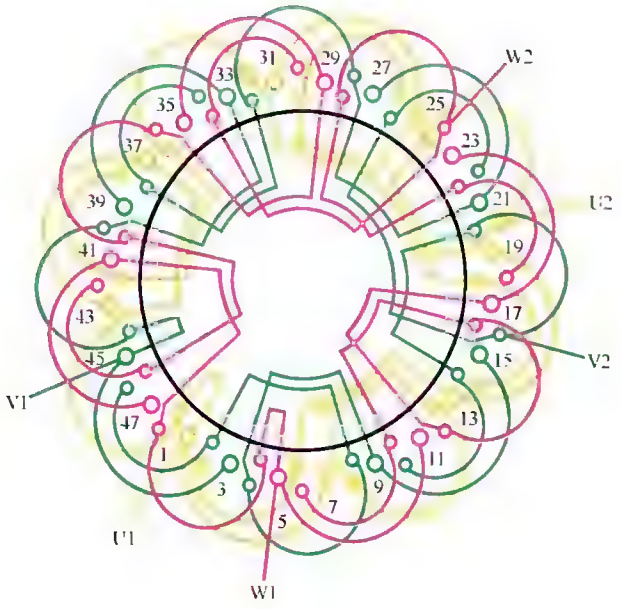


图　1.5.33

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=48$	每组圈数	$S=1\frac{1}{2}$	并联路数	$a=2$
电机极数	$2p=8$	极相槽数	$q=2$	线圈节距	$y=6、4$
总线圈数	$Q=36$	绕组极距	$\tau=6$	绕组系数	K
线圈组数	$u=24$	每槽电角	$\alpha=30$		

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线，先嵌入双圈2个下层边及单圈下层边，往后退空一槽，吊起3个上层边后即可整嵌。具体嵌线顺序见下表：

表 1.5.33　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	48	46		45		14		42		11		40		38		37
	上层					2		3		18		16		47		44		42	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	…			49	50	51	52	53	54
槽号	下层		36		34		33		32		…				16		14		13
	上层	43		40		38		39		36	…			23		20		18	
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层		12		10		9		8		6		5		4				
	上层	19		16		11		15		12		10		11		8	6	7	4

3. 特点与应用　本绕组结构与上例基本相同，但绕组采用二路并联，每支路由2组双圈和2组单圈按相邻极性相反串接，然后将两支路并联。此绕组主要用于绕线式电动机的转子绕组。主要应用实例有某些厂家的YR160M-8、YR225M-8等。

1.5.34　48槽8极($y_p=5$、$a=4$)单双层混合式(同心交叉布线)绕组

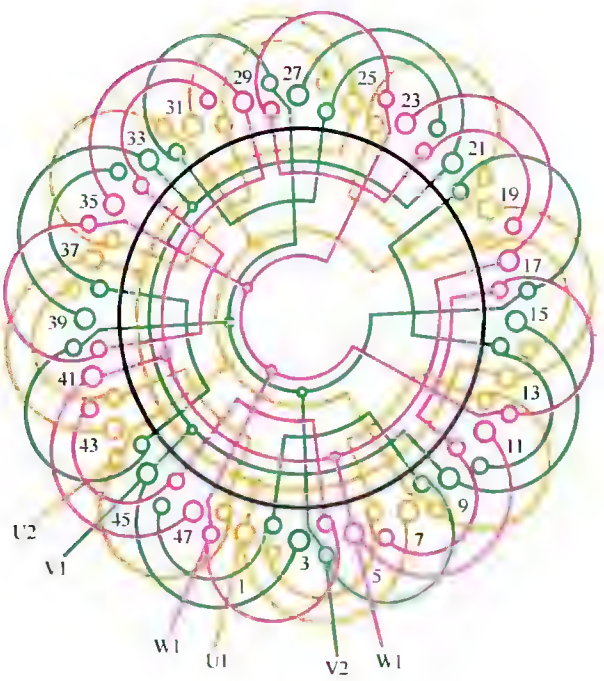


图　1.5.34

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=48$	每组圈数	$S=1\frac{1}{2}$	并联路数	$a=4$
电机极数	$2p=8$	极相槽数	$q=2$	线圈节距	$y=6$、4
总线圈数	$Q=36$	绕组极距	$\tau=6$	绕组系数	$K_y=0.933$
线圈组数	$u=24$	每槽电角	$\alpha=30°$		

2. 嵌线方法　本例嵌线采用交叠法，嵌线的基本规律是：嵌3槽，退空1槽，再嵌3槽，余类推，需吊边数为3，嵌线顺序见下表：

表 1.5.34　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	48	46		45		44		42		41		40		38		37
	上层					2		3		48		46		47		44		42	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	…			52	53	54
槽号	下层		36		34		33		32		30		29	…			14		13
	上层	43		40		38		39		36		34		…				18	
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层		12		10		9		8		6		5		4				
	上层	19		16		14		15		12		10		11		8	6	7	4

3. 特点与应用　本例绕组与前几例结构基本相同，但采用4路并联，即每一支路由单圈组和双圈组反向串联，然后再把4个支路并联构成一相绕组，三相接线相同。此绕组主要用于某厂家的绕线式电动机的转子绕组，主要应用如YR250M1-8等。

1.5.35　72槽8极($y_p=8$、$a=4$)单双层混合式(B类)绕组

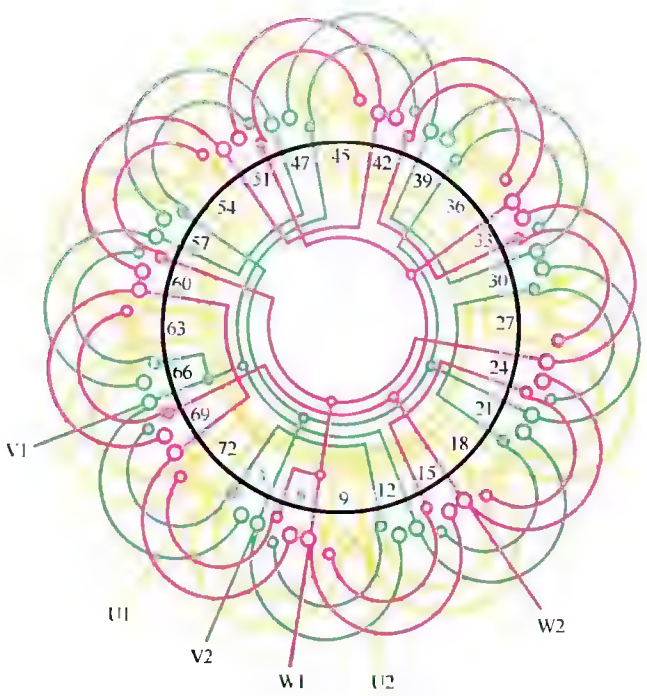


图　1.5.35

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=72$　每组圈数　$S=2$　并联路数　$a=4$

电机极数　$2p=8$　极相槽数　$q=3$　线圈节距　$y=8$、6

总线圈数　$Q=48$　绕组极距　$\tau=9$　绕组系数　$K_p=0.946$

线圈组数　$u=24$　每槽电角　$\alpha=20°$

2. 嵌线方法　本绕组采用交叠法嵌线，嵌线的基本规律是：嵌2槽，退空1槽再嵌2槽，余类推。嵌线的顺序见下表：

表1.5.35　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	71	70	68		67		65		64		62		61		59	
	上层						2		3		71		72		68		69		65
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	…			73	74	75	76	77	78
槽号	下层	58		56		55		53		52	…			17		16		14	
	上层		66		62		63		59		…				23		24		20
嵌绕次序		79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
槽号	下层	13		11		10		8		7		5		4					
	上层		21		17		18		14		15		11		12	8	9	5	6

3. 特点与应用　绕组采用显极布线，它是由$q=3$、$y=8$的双层叠式绕组演变而来。每组由一单层大线圈和双层小线圈组成，每相相邻2组按一正一反串接成一支路，然后将4个支路并联构成一相，但必须确保同相相邻线圈组极性相反的原则。此绕组见于某厂家的Y250M-8电动机

第 2 章　三相变极电动机绕组

三相变极电动机又称变速电动机，是异步电机的一种特殊型式。它是通过外部接线来改变转速，绕组有两种形式：一是定子分层安置两套不同极数、且完全独立的三相绕组；另一是采用一套特殊的变极绕组。本章布接线图例为后者，故又称单绕组变极电动机，是目前主要应用的变速形式。它具有调速简单、工作可靠、绕制方便等优点而被广泛应用于机床、起重、电梯、纺织等工业生产中的变速拖动。

单绕组变极电动机可用单层或双层绕组，但为了便于选用线圈节距，合理调节绕组参数以取得较好的电气性能，变极电动机产品主要采用双层绕组，但目前已在多速电动机中出现单层布线的型式。由于变极绕组的双层叠式与普通三相双叠绕组的布线完全相同，故其嵌线工艺也一样。因此，在图例中仅对其嵌线特点作一些简要介绍，而具体的嵌线顺序请参阅相应规格的双层叠绕组的嵌线顺序表。

单绕组变极电动机有双速和多速，变极方法主要采用反向法，在此基础上还可运用换相法和双节距法等，多速是在双速变极原理的基础上通过特定的机外接线取得。变极绕组每相的线圈组数和每组的线圈数可以相等也可不相等，但每相的变极组数和线圈总数则必须相等，否则三相就失去平衡；而且变极时每相总有一半线圈电流要反向，但也不是绝对的，当倍极比为 3 时，如本书（新 2 版）的 72 槽 24 8 极，采用Y 3Y 接法时，每相只要 1 3 线圈在变极时需要反向。所以，在一般情况下，变极电动机常出现庶极绕组。为了便于掌握绕组线圈在改接变极时的极性（电流方向），本章例图除提供端面模拟布接线图外，还画出绕组变极接线原理图（包括端接图）。为了便于理解，原理图选用单路或并联路数较少的接法绘制，其中线圈号以下层边所在槽号表示，并设定顺槽编号流向为“+”；逆编号流向为“-”，并标示在线圈号上方。

单绕组变极电动机的变极接法有很多种，详细可参见原书（新 2 版），但由于本书内容取自原书遗落和补充，故其图例数量不多，且主要是最常见的普通变极接法如△ 2Y等，而且是国产产品的实例。

2.1　三相交流变极电动机双速绕组布线接线图

三相变极双速绕组主要图例在原书（新 2 版），本节仅补充 6 例，其中 2 例是倍极比变极，4 例为非倍极比变极，均系国产双速电动机变极型式，主要采用△ 2Y接法，另有一例是Y 2Y接法。

△ 2Y变极是双速电动机应用最多、技术最成熟的接法。在变极时既有接线型式的变化，又有支路数的变化：在双速变极中，属接近恒功率的可变转矩特性，即输出功率比较接近，输出转矩在高速时较小而低速较大。双速绕组的简化接线图包括两个端接示意图，它是变速接线的指引。完整的端接示意图下方除标注极数接法外还应有一箭头，如图 2.1.1b 所示，它是表示所在极数在接线图上的电流方向，即是图中 6 极时的电流方向，若所在线圈排序顺此方向设为“-”，则逆此方向便为“+”（即该线圈组要反接）。但由于△ 2Y是常用的基本接法而为人熟知，所以往往就不标示此箭头。同样，图 2.1.4b 的Y 2Y接法中，箭头所示则是 8 极时的电流方向。

此外，本书对新增的双叠绕组布接线图在原基础上作了创新的画法，即每个线圈组中只画出首尾两只线圈的端部弧线，其余中间的线圈只用代表槽内有效边的小圆表示，并用弧线把同组线圈有效边（小圆）串联起来代表一个线圈组。

2.1.1 36槽6/4极△/2Y(y=5)双速绕组

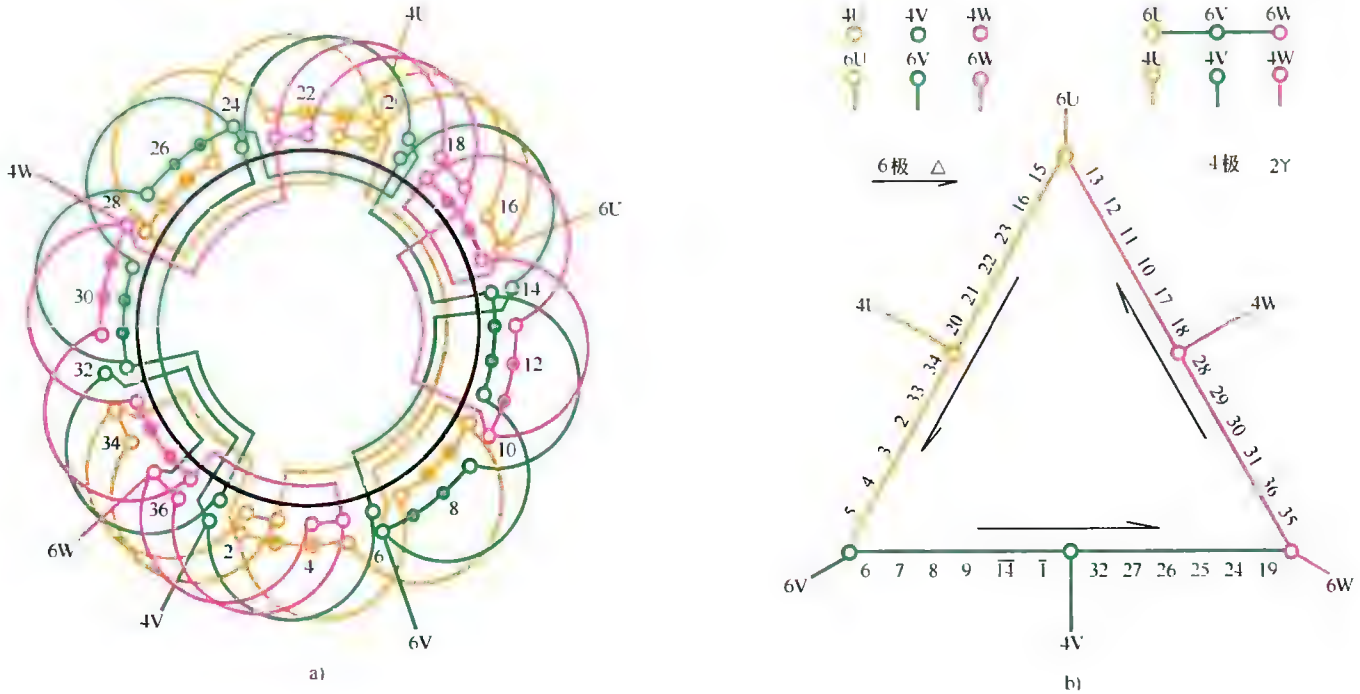


图 2.1.1

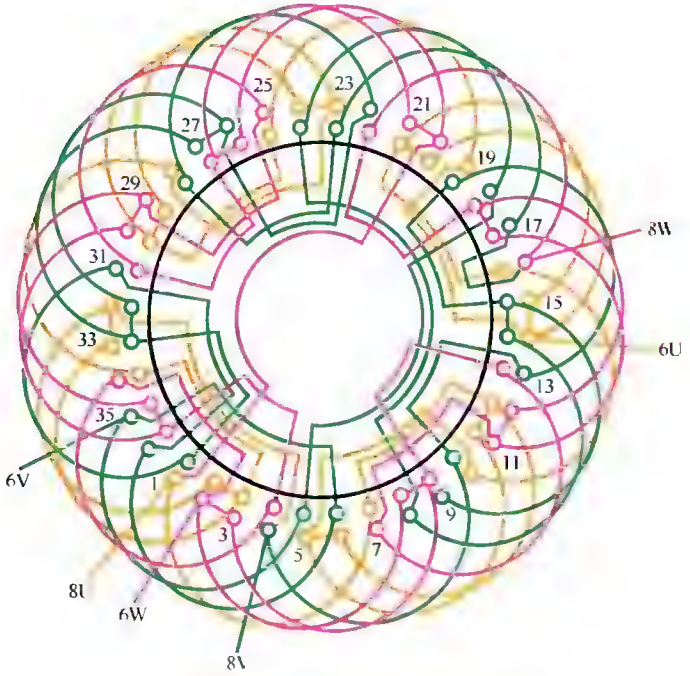
1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	每组圈数	S=1、2、1
电机极数	$2p=6$ 4	绕组型式	双层叠式
绕组接法	△ 2Y	线圈节距	$y=5$
总线圈数	$Q=36$	出线根数	$c=6$
线圈组数	$u=11$	绕组系数	$K_{dp6}=0.85$ $K_{dp4}=0.636$

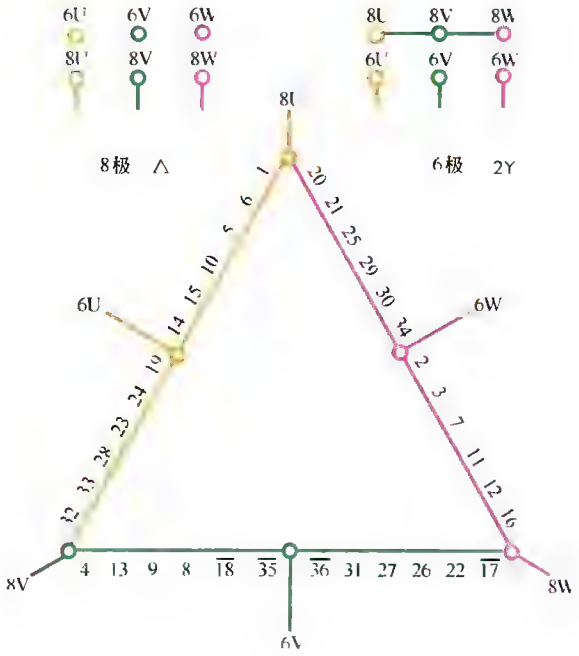
2. 特点及应用　本方案采用非正规分布的反向变极，4极为120°相带，而6极则人为地将较分散分布的12只线圈安排呈2、1、4、2分布，使6极时绕组的分布系数提高。但由于本绕组选用的线圈节距过短，导致两种极数下的绕组系数总体降低，从而影响双速电动机的出力；同时还使绕组用线量增加。虽然在修理中有此实例，但本人认为它选用的节距是不够合理的。

主要应用实例有JDO3 140S-6 4部分厂家产品。

2.1.2 36槽 8/6 极△/2Y(y=6,同转向)双速绕组



a)



b)

图 2.1.2

1. 绕组参数

定子槽数	Z=36	每组圈数	S=1、2
电机极数	$2p$=8/6	绕组型式	双层叠式
绕组接法	△/2Y	线圈节距	y=6
总线圈数	Q=36	出线根数	c=6
线圈组数	u=26	绕组系数	K_{dp6}=0.644 K_{dp8}=0.83

2. 特点及应用　本方案以8极为基准，采用反向法得6极绕组，8极是正规分布的分数绕组，两种极数的转向相同。由于采用反向变极，高速时绕组系数较低，故适用于低速正常工作；高速辅助运行的场合。

主要应用实例有JDO2-52-8/6等。

2.1.3 36槽8/6极△/2Y(y=6.反转向)双速绕组

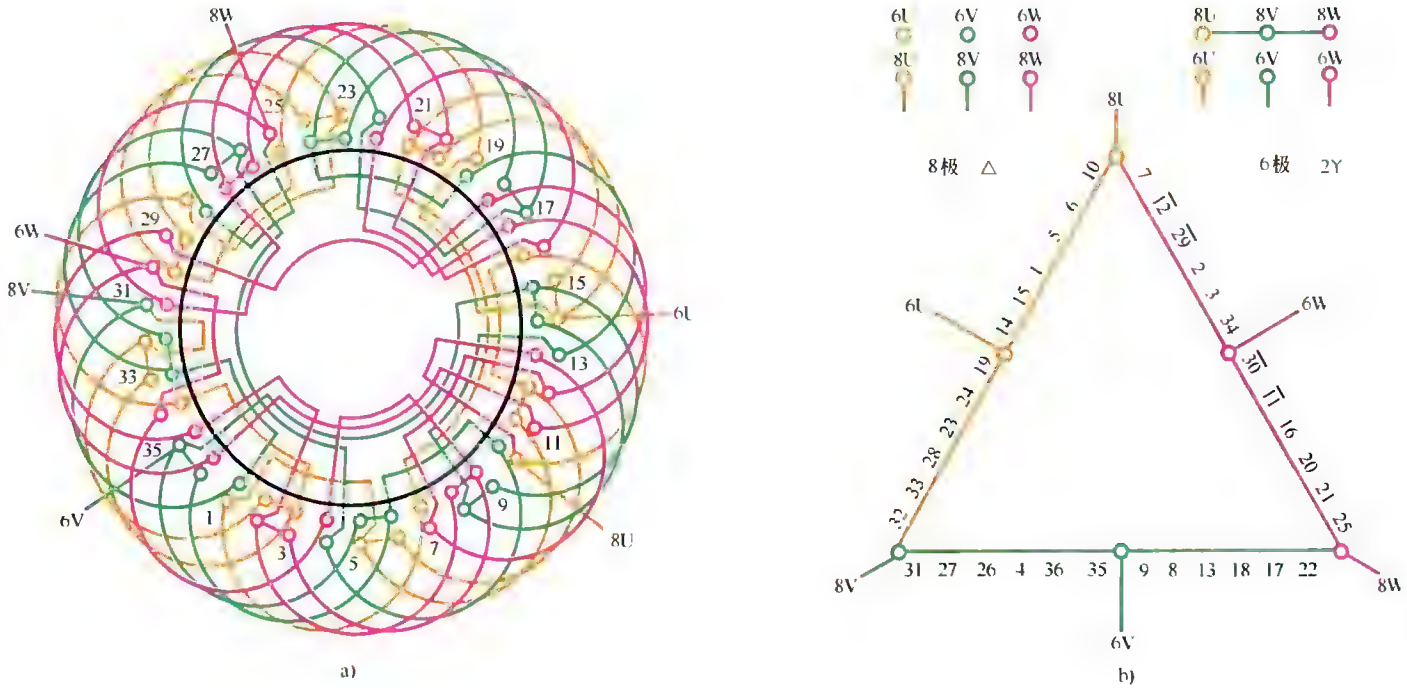


图 2.1.3

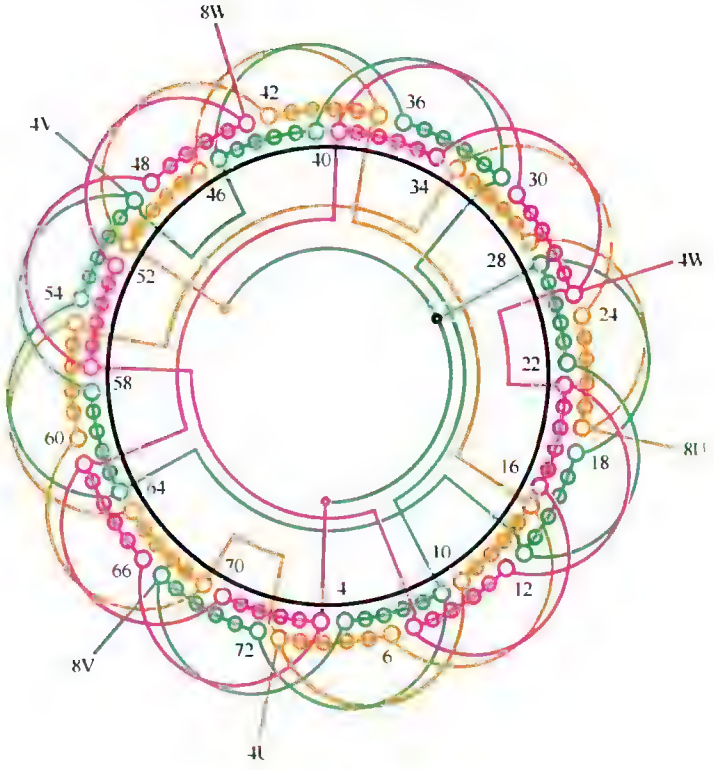
1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	每组圈数	S=1、2
电机极数	$2p=8$ 6	绕组型式	双层叠式
绕组接法	△ 2Y	线圈节距	$y=6$
总线圈数	$Q=36$	出线根数	$c=6$
线圈组数	$u=26$	绕组系数	$K_{dp8}=0.644$ $K_{dp6}=0.83$

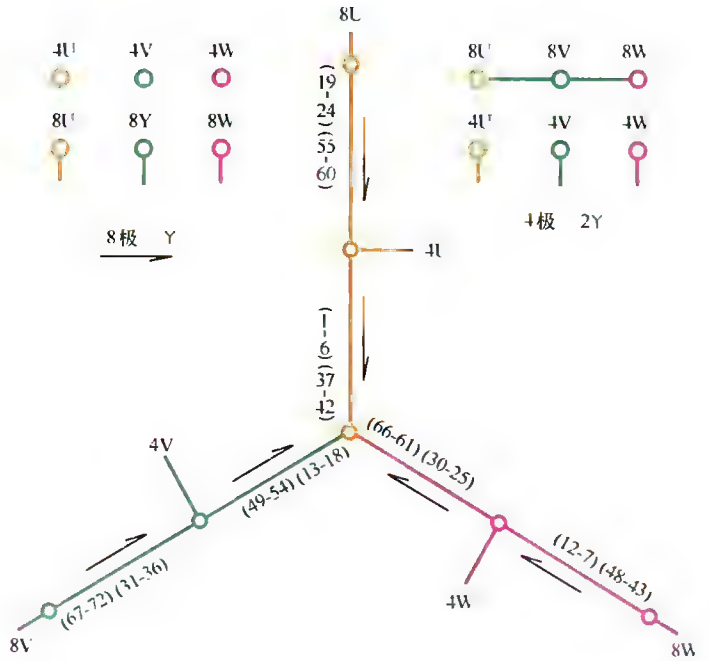
2. 特点及应用　本绕组特点与上例相同，只是本例采用两种极数下反转向方案，而从绕组结构来说，同样具有线圈组数特多，共由26组线圈组成，而且都是单圈组或双圈组，所以在接线时感觉到非常繁琐和复杂。

本绕组应用实例有JDX2—51 -8·6等

2.1.4　72槽 8/4极Y/2Y（$y=9$）双速绕组



a)



b)

图　2.1.4

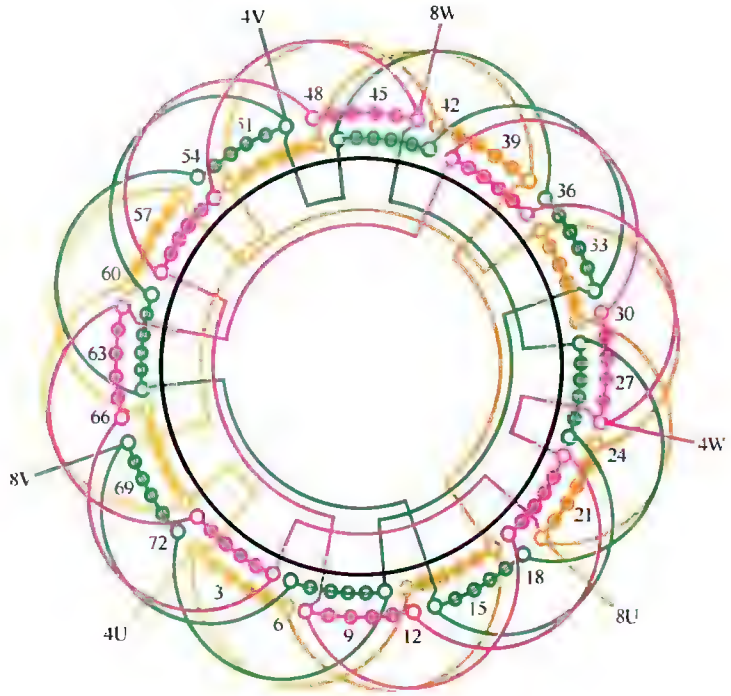
1. 绕组参数

定子槽数	$Z=72$	每组圈数	$S=6$
电机极数	$2p=8$ 4	绕组型式	双层叠式
绕组接法	Y 2Y	线圈节距	$y=9$
总线圈数	$Q=72$	出线根数	$c=6$
线圈组数	$u=12$	绕组系数	$K_{dp8}=0.781$　$K_{dp4}=0.783$

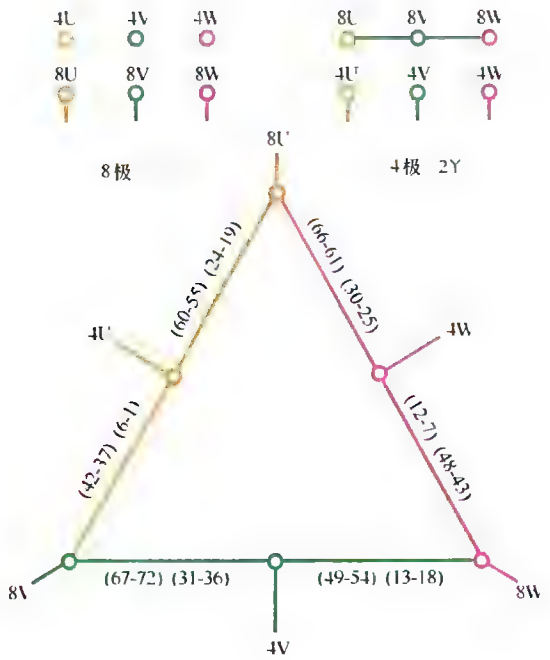
2. 特点及应用　本例采用正规分布反向变极方案，4极为60°相带绕组，8极则是用反向法获得的庶极绕组，即120°相带绕组。两种极数下的转向相反，绕组结构比较规整，即每组由6只线圈串联而成，每两组构成一个变极组，每相有1组线圈，变极采用Δ-2Y接法，即8极时4U、4V、4W留空不接线，电源从8U、8V、8W进入，此绕组属可变转矩输出特性。

主要应用实例有JO-93四速电动机中的8/4极绕组。

2.1.5　72槽8/4极△/2Y（y=11）双速绕组



a)



b)

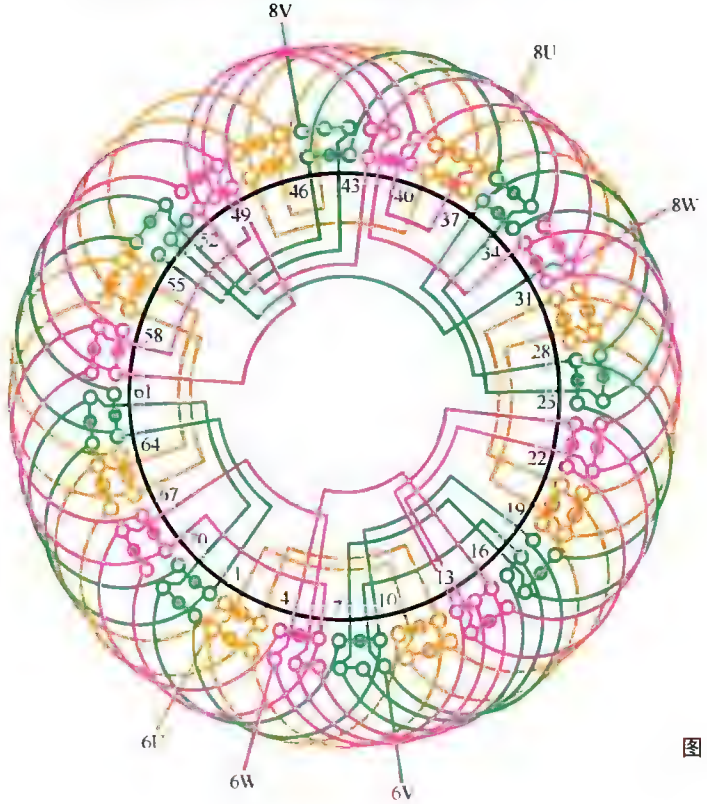
图　2.1.5

1. 绕组参数

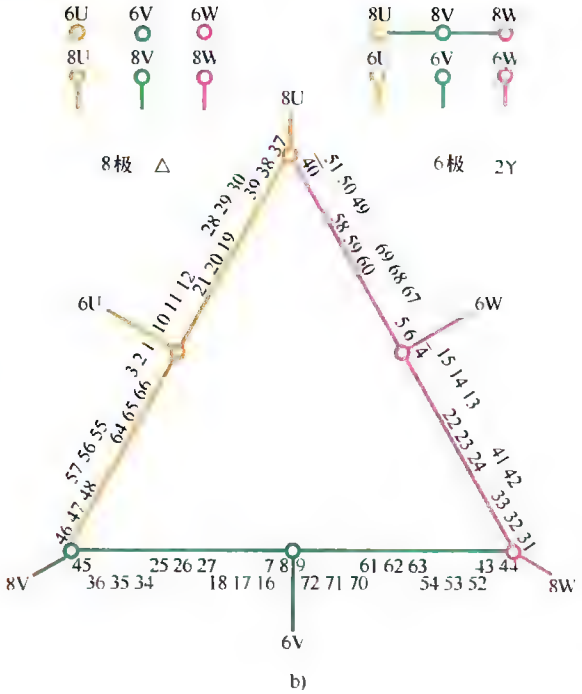
定子槽数	Z=72	每组圈数	S=6
电机极数	$2p$=8/4	绕组型式	双层叠式
绕组接法	△/2Y	线圈节距	y=11
总线圈数	Q=72	出线根数	c=6
线圈组数	u=12	绕组系数	K_{dp8}=0.781　K_{dp4}=0.784

2. 特点及应用　本例绕组采用反向法变极，属倍极比正规分布变极方案。4极是60°相带，并以此为基准反向得120°相带（庶极）的8极绕组；两种极数下的转向相反。绕组结构比较规整，每组线圈数相等，即每6只线圈顺接串联成一线圈组，每2组构成一变极组；每相2变极组串联而成，中间抽出4极抽头。双速绕组是△/2Y接法，变速特性属可变转矩特性，但由于选用y=11的节距，使两种极数下的绕组系数几乎相等，故两种转速下的输出功率也比较接近。本绕组主要用于JO-93四速中的8/4极绕组

2.1.6　72槽8/6极△/2Y(y=9)双速绕组



a)



b)

图　2.1.6

1. 绕组参数

定子槽数	Z=72	每组圈数	S=3、2、1
电机极数	$2p$=8/6	绕组型式	双层叠式
绕组接法	△/2Y	线圈节距	y=9
总线圈数	Q=72	出线根数	c=6
线圈组数	u=28	绕组系数	K_{dp8}=0.96　K_{dp6}=0.79

2. 特点及应用　本例采用反向法变极，即以8极的正规60°相带绕组为基准，反向法得6极绕组，因此，6极时的绕组系数较低。此绕组是非倍极比变极，故其结构不甚规整，绕组中有单圈组、双圈组和三圈组，而且线圈组数也较多。此外，三相的构成也不相同，其中U相全部(8组)均由三圈组串联而成；而V相和W相则由圈数不等的线圈组构成。因此，整个绕组接线比较繁琐、复杂。此绕组是按同转向设计；但6极受出力所限，故适用于低速时功率要求较高的使用场合。

主要应用实例有JDO3　81—8/6。

2.2 三相交流变极电动机三速绕组布线接线图

三速电动机有两种结构型式：一是复合式，即定子槽中放置两套完全独立的绕组，其中一套是双速绕组，再加一套单速绕组，从而使电动机获得三种转速；另一是单绕组变极的三速绕组。本节所列图例就是后一种型式。单绕组三速常以某极数为基准，通过现有的变极方法获得其它两种极数。而三速绕组常用的变极接法有如下几种：

(1) 2Y/2Y/2Y接法　它常用于非倍极比变极，即三种极数中，有一变极组合是非倍极比，但另一组合是倍极比，如8/6/4变极。它属于典型的反向法变极，通常是在非倍极比组合中选倍极比关联的少极数为基准极，如本例选4极为基准，并以60°相带安排4极绕组，然后用反向法排出6极；最后仍以4极为基准，再用反向庶极法取得8极的120°相带绕组，也就是庶极绕组。由此可见，运用反向法获得三速最为简单，也最为成熟。采用2Y/2Y/2Y接线时，引出线9根，外部控制变速接线也较简；但非基准极的绕组系数过低，从而影响其功率的发挥，不能满足两种转速下均衡出力的要求

(2) 3Y/△/△接法　反向变极只改变部分线圈的极性(电流方向)，而不改变线圈的相位。而3Y/△/△则属换相变极。它是把三种极数都按正规60°相带的槽电势分布的方法来安排绕组，这样必定造成某些线圈可能反向，而且还可能会改变相属，所以称换相变极。既然它的三种极数都是60°相带，故其分布系数都很高，所以能使两种甚至三种极数的绕组获得较高的绕组系数；而换相变极电动机的内部接线是变极绕组中最为简练的，但引出线特多，故外部控制接线相当复杂，所以其推广应用受到一定的限制。

(3) 2Y/2△/2△接法　这种接法的特点介乎于前两者之间，它既可用反向法变极，也可用换相变极。如果一台8/4/2极电动机，主要工作在高速，而且要求出力较大，按反向法变极原理则宜选2极为基准，再反向得4极，但这时的4极已是120°相带，按以往的反向法就无法再变8极，为此则可用双节距法，即把一组的线圈分成两部分，如图2.2.3所示，一部分采用小节距线圈；另一部分用大节距线圈，这样再用反向法便可获得8极。这种方法则称为双节距变极法。它是根据反向法改进而成的一种特殊的变极方法。双节距的线圈组一般为双层叠式，但也可改变其端部形式而成为同心式线圈组的双节距绕组，如图2.2.4所示。

此外，2Y/2△/2△接线还可运用于换相变极，如图2.2.2所示。它是以4极为基准，换相法获得2极后，再以基准极反向取得8极的庶极绕组。这样可使2极和4极都得到较高的绕组系数，从而使其都获得较大的出力。但它仍然继承换相变极的特点，即内部接线简单而外部接线多，变速控制复杂。

本节收入三速电动机绕组8例，其中4例是三版删落而重新绘制的例图，另4例是新增图例。

2.2.1　36槽 6/4/2 极 3Y/△/△(y=6)换相变极三速绕组

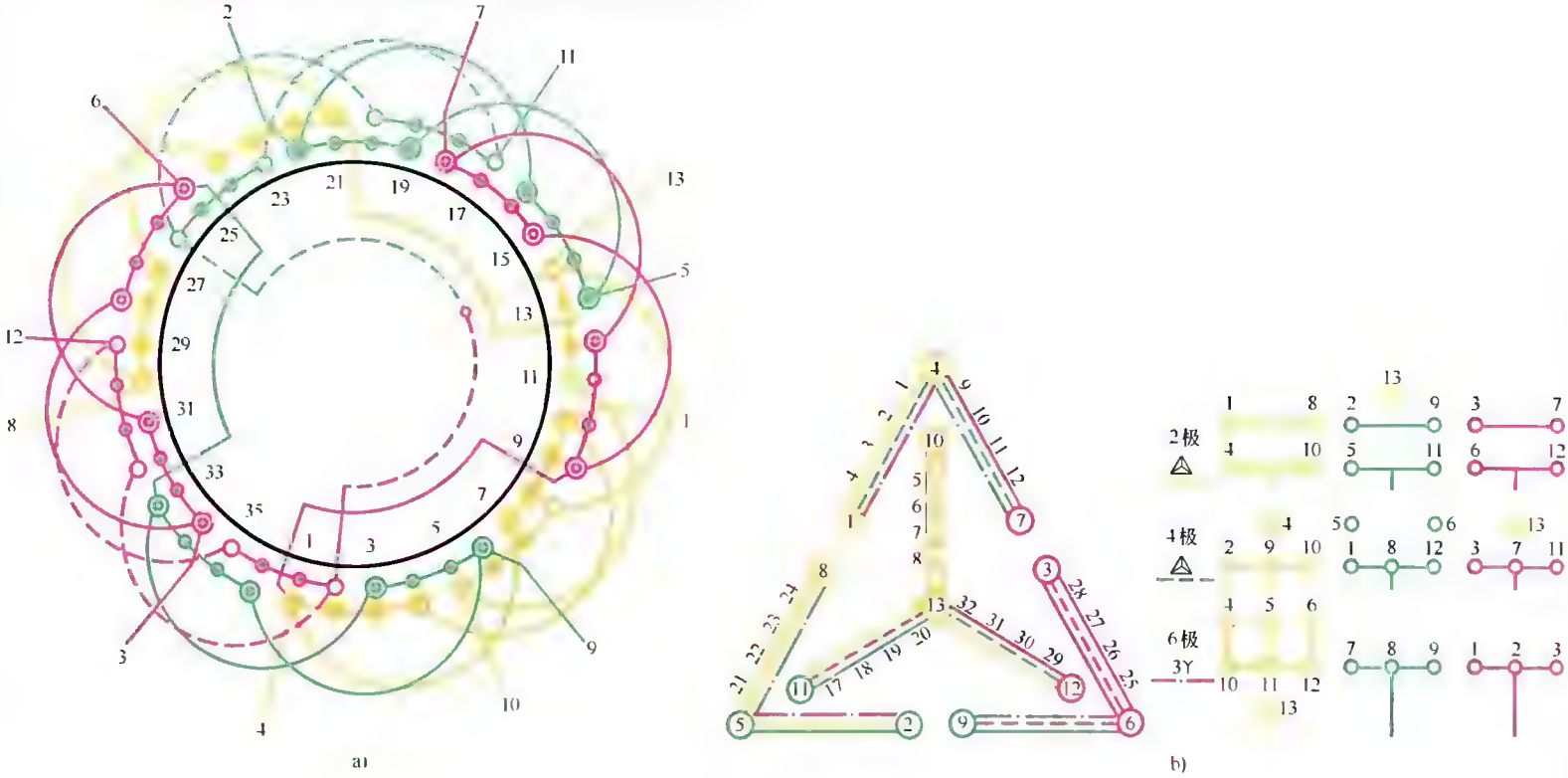


图　2.2.1

1. 绕组参数

定子槽数　Z=36　　每组圈数　S=4

电机极数　$2p$=6 4 2　绕组型式　双层叠绕

绕组接法　3Y △ △　线圈节距　y=6

总线圈数　Q=36　　引出线数　c=13

线圈组数　u=9

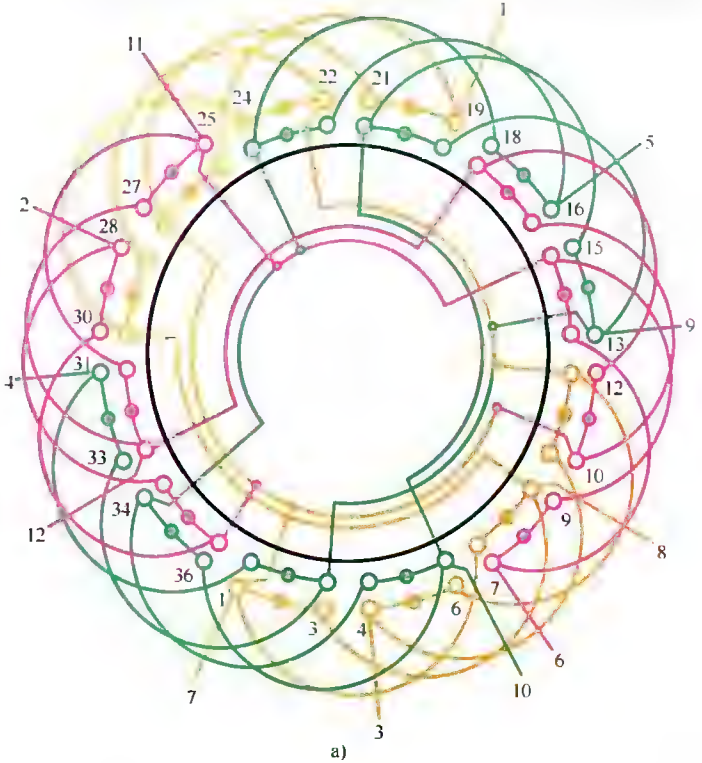
绕组系数　K_{dp2}=0.483　K_{dp4}=0.49　K_{p4}=0.789　K_{p6}=0.801

K_{dp6}=0.836

2. 特点及应用　本例采用换相变极。2极和4极均用△形接法，6极是2Y接法并呈庶极形式。三种极数的转向相同。绕组布接线系以2极为准表示相色，其中单圆和虚线代表△形中的Y形绕组；双圆和实线为△形绕组。另外，在简化接线图中，外层线条是2极时的相色；中间线条为4极；内层线条是相色代表6极时线圈(组)的相别。

主要应用实例有JDO2　41　6 4 2，JDO3-140M　6 4 2等

2.2.2　36槽 8/4/2极 2Y/2△/2△(y=6)换相变极三速绕组



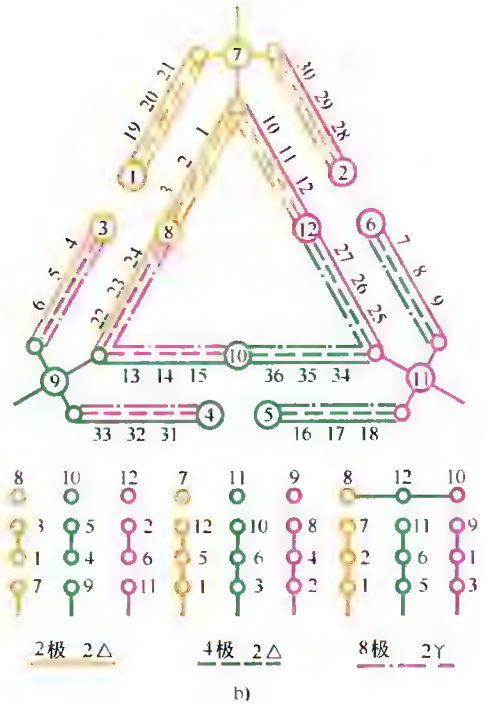


图　2.2.2

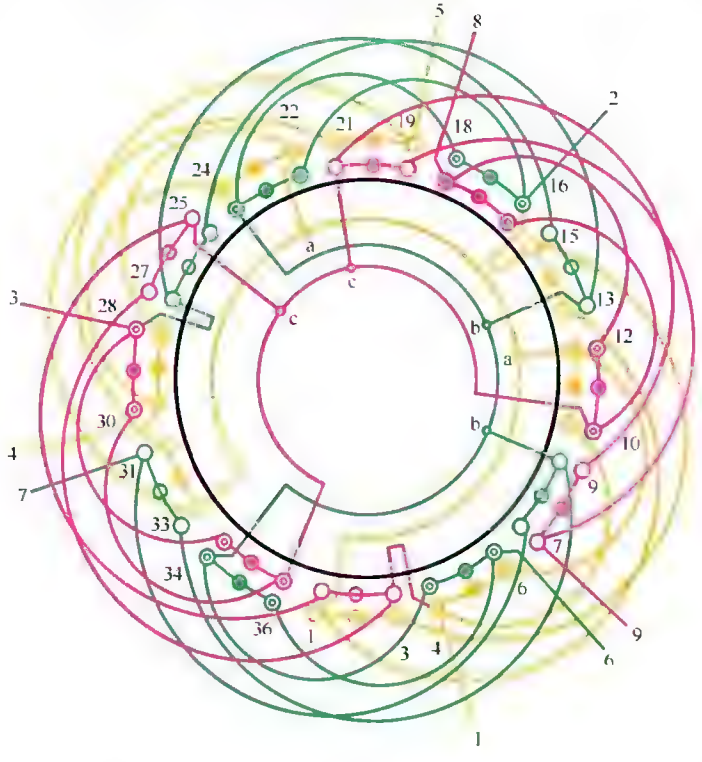
1. 绕组参数

定子槽数	Z=36	每组圈数	S=3
电机极数	$2p$=8 4 2	绕组型式	双层叠绕
绕组接法	2Y/2△ 2△	线圈节距	y=6
总线圈数	Q=36	引出线数	c=12
线圈组数	u=12		
绕组系数	K_{dp2}=0.478　K_{dp4}=0.831　K_{dp8}=0.731		

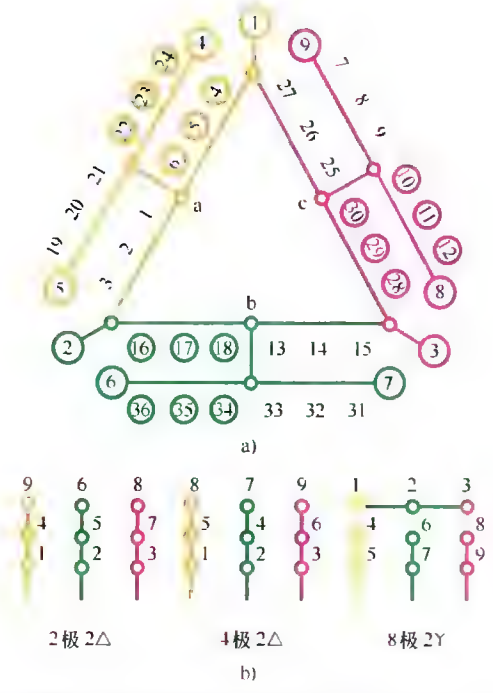
2. 特点及应用　本绕组是换相变极三速绕组。2、4极是正规安排的60°相带绕组；8极则在4极基础上用反向法获得的庶极绕组。2、4极为同转向，8极是反转向。绕组出线虽多，但内部接线却较简。由于采用换相变极，各绕组换相情况如简化图所示，即外层线条(实线)相色代表2极，中层线条(虚线)相色是4极，内层点划线则是8极的相色。

主要应用实例有JDO2　32　8/4/2，JDO2—51—8/4/2等。

2.2.3 36槽 8/4/2极 2Y/2△/2△双节距变极(特种双叠)三速绕组



a)



a)

b)

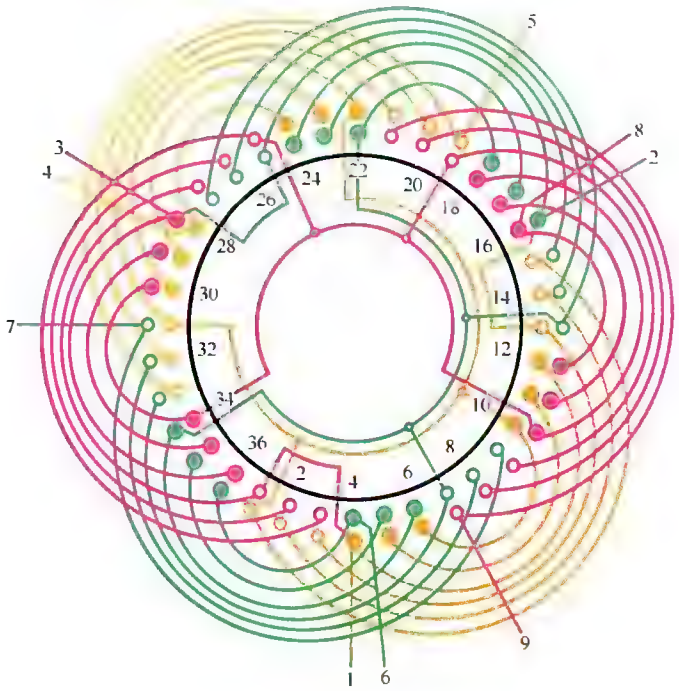
图 2.2.3

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	每组圈数	$S=3$
电机极数	$2p=8\ 4\ 2$	绕组型式	特种双层叠式
绕组接法	2Y 2△ 2△	线圈节距	$y_1=12$ $y_2=6$
总线圈数	$Q=36$	引出线数	$c=9$
线圈组数	$u=12$	绕组系数	$K_{dp1}=0.676$ $K_{dp2}=0.831$
			$K_{dp3}=0.633$

2. 特点及应用　本绕组采用特殊型式的变极方案，即将绕组线圈变换设计成两种节距的线圈组，如本例采用大节距 $y_1=12$ 和小节距 $y_2=6$ 的两种线圈(简化接线图中，用圈标示的线圈号为小节距线圈)。在三速绕组中，2极是60°相带正规分布绕组，即显极式绕组；用反向法得4极，属120°相带的庶极绕组；然后采用双节距法获得8极。此种三速无需换相，由9根引出线通过改接变换极数。它具有绕组系数较高的特点，但由于绕组结构所限，其应用受到一定的限制。此绕组2、8极为同转向，4极是反转向。主要实例有 JDO2—42/8/4/2，JDO3-112L/8/4/2等

2.2.4　36 槽 8/4/2 极 2Y/2 △/2 △双节距变极(双同心组)三速绕组



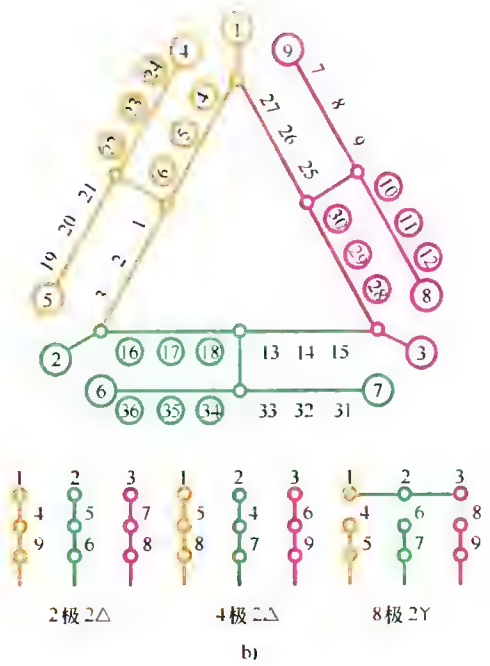


图　2.2.4

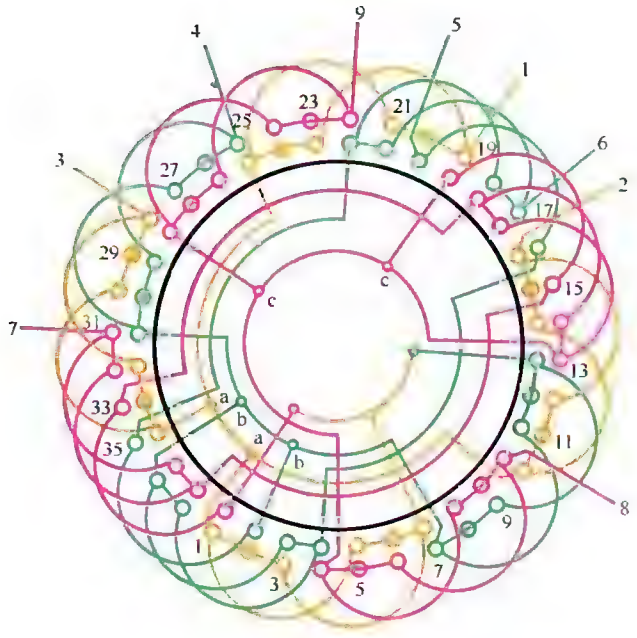
1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	每组圈数	$S=3$
电机极数	$2p=8/4/2$	绕组型式	双节距同心式
绕组接法	2Y/2△/2△	大组节距	$y_1=14、12、10$
小组节距	$y_2=8、6、4$	总线圈数	$Q=36$
引出线数	$c=9$	线圈组数	$u=12$

绕组系数　$K_{dp2}=0.676$　$K_{dp4}=0.831$　$K_{dp8}=0.633$

2. 特点及应用　本例也是双节距变极三速绕组，它是从上例演变而来，即把每组的 3 只交叠线圈改为同心线圈组，故其绕组变极特点与上例相同。此绕组应用于个别厂家生产的 JDO3—100L　8/4/2 等三速电动机。

2.2.5 36槽 8/6/4极 2Y/2Y/2Y(y=4)三速绕组**



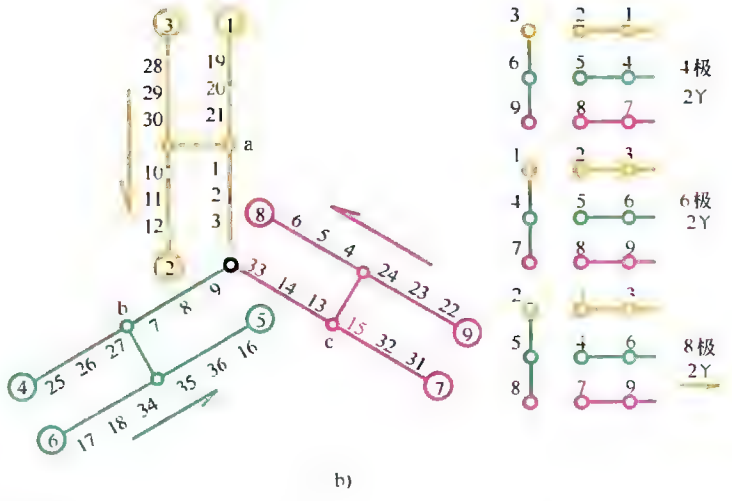


图 2.2.5

1. 绕组参数

定子槽数 $Z=36$ 每组圈数 $S=3、2、1$

电机极数 $2p=8\ 6\ 4$ 绕组型式 双层叠式

绕组接法 2Y 2Y 2Y 线圈节距 $y=4$

总线圈数 Q 36 引出线数 $c=9$

线圈组数 $u=16$

绕组系数 $K_{dp8}=0.831$ $K_{dp6}=0.558$ $K_{dp4}=0.617$

2. 特点及应用 本例4极为60°相带正规分布，将部分线圈反向得6极，再用庶极法由4极反向得8极 本绕组每组元件数不等，除U相全部4组由三联组组成外，其余二相各由单圈、双圈和三圈等6组构成 所以线圈绕制及嵌线时须谨慎，参照绕组图进行，其相对位置不得嵌错 绕组4、6极为同转向，8极是反转向 绕组内部接线较简，引出线9根。主要应用实例有JDO2—42--8 6 4、JDO3—140 8 6 4等。

2.2.6 36槽 8/6/4极 2Y/2Y/2Y(y=5)三速绕组

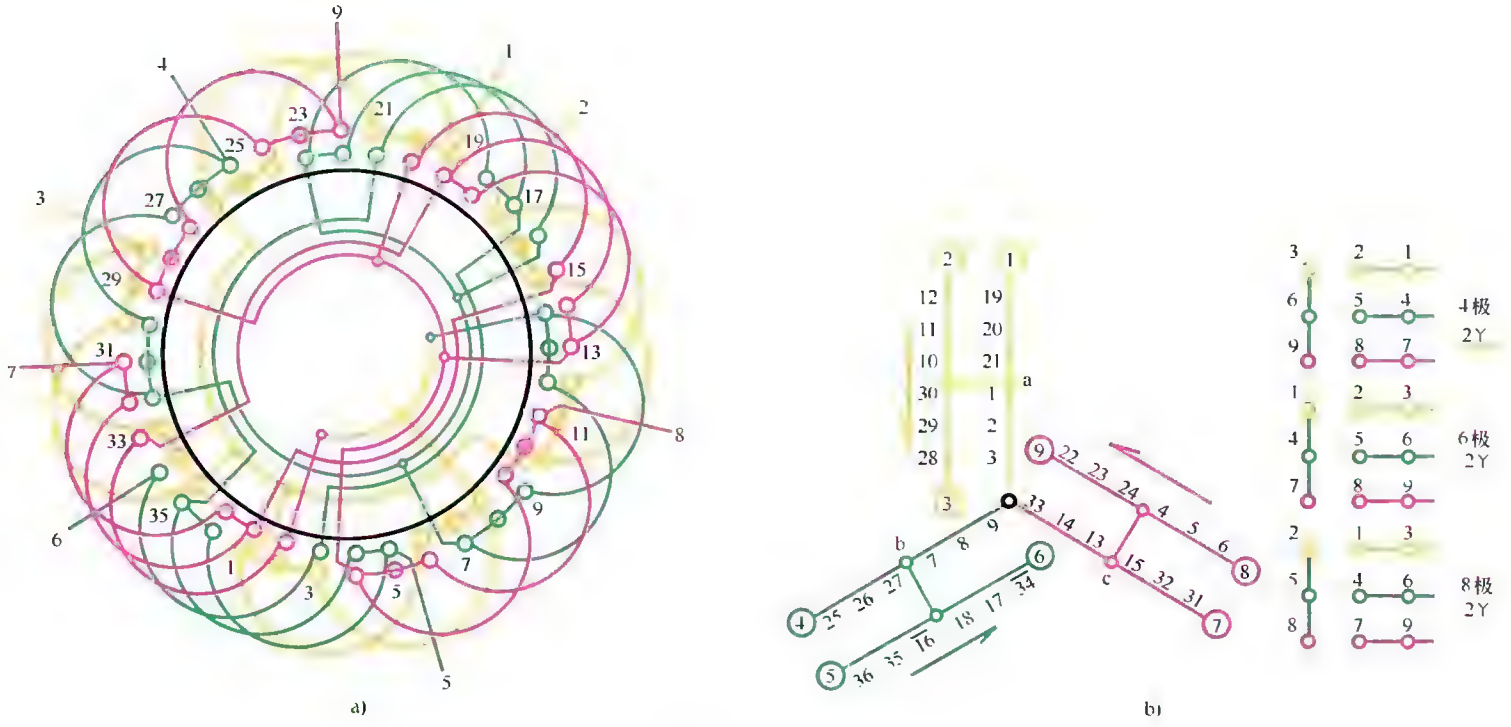


图 2.2.6

1. 绕组参数

定子槽数	Z=36	每组圈数	S=3、2、1
电机极数	$2p$=8 6 4	绕组型式	双层叠式
绕组接法	2Y 2Y/2Y	绕组节距	y=5
总线圈数	Q=36	引出线数	c=9
线圈组数	u=16		

绕组系数 K_{dp4}=0.735 K_{dp6}=0.622 K_{dp8}=0.831

2. 特点及应用

本绕组采用反向变极方案。4极是60°相带正规绕组，用反向法获得6极。两种极数的转向相同，但绕组系数较低，且较接近。8极是在4极的基础上用反向法取得，故属120°相带的庶极绕组，但8极是反转向，且绕组系数较高，宜作低速正常工作的场合

主要应用实例有JDO3-100S-8 6 4，JDO2-42-8 6 4等。

2.2.7　48 槽 8/4/2 极 2Y/2 △/2 △双节距变极三速绕组

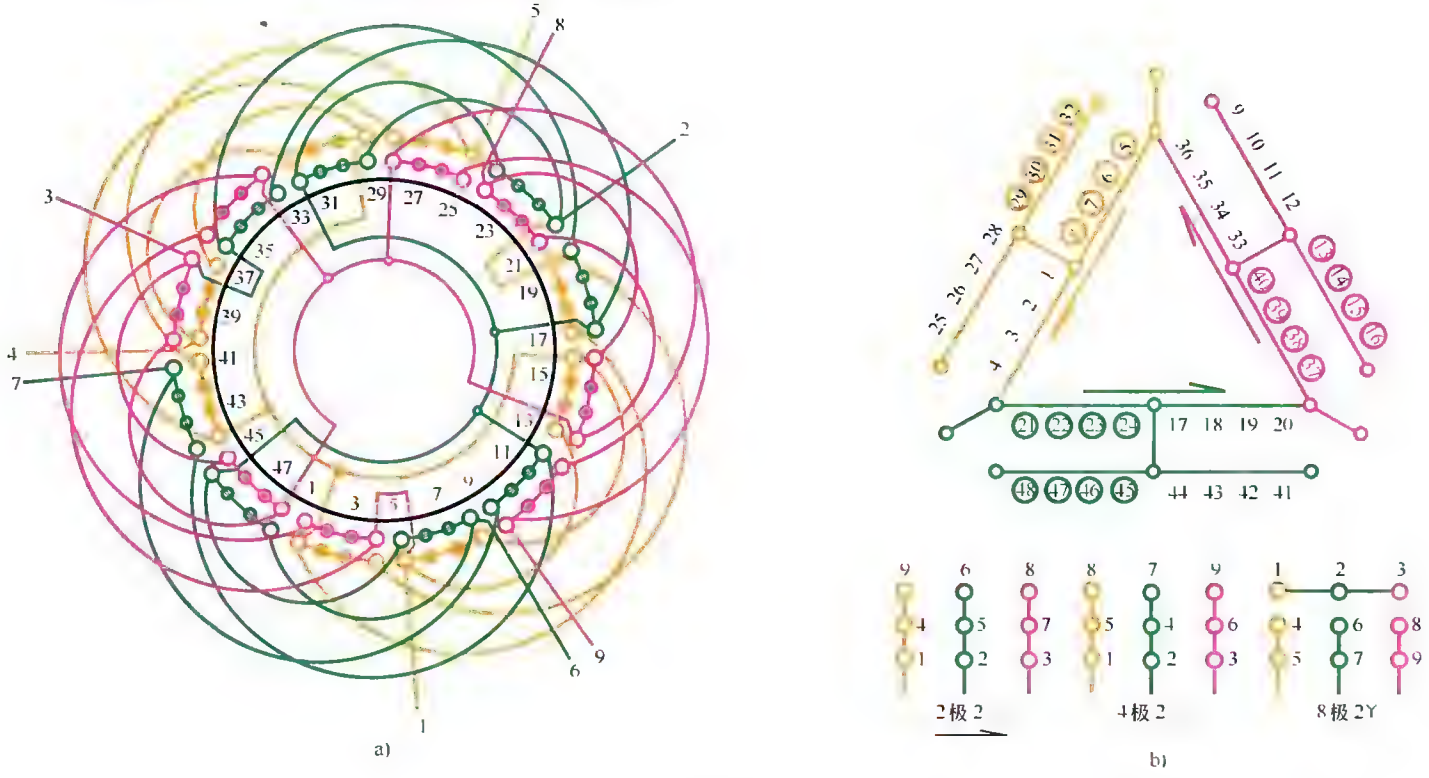


图　2.2.7

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=48$	每组圈数	$S=4$
电机极数	$2p=8/4/2$	绕组型式	特种双叠
绕组接法	2Y/2△/2△	线圈节距	$y_1=16$　$y_2=8$
总线圈数	$Q=48$	出线根数	$c=9$
线圈组数	$u=12$		
绕组系数	$K_{dp8}=0.661$　$K_{dp4}=0.824$　$K_{dp2}=0.675$		

2. 特点及应用　本例是倍极比三速。采用双节距变极方案。其中 2 极是 60°相带，并以此为基准反向法获得 120°庶极的 1 极绕组。这时再不能用庶极的方法来获得 8 极，所以改用双节距法，即由原来每极相 8 槽线圈中分为大小节距的两组，并将其中一半逆反再形成 60°相带的 8 极。本方案中 2、8 极为同转向，4 极为反转向。本绕组具有嵌线方便，绕组内接较简且引出线较少等优点。常用于倍极比三速绕组。常见于 JDO3-100S—8/4/2、JDO2-42—8/4/2 等

2.2.8　72 槽 8/6/4 极 2Y/2△/2△(y=12)三速绕组

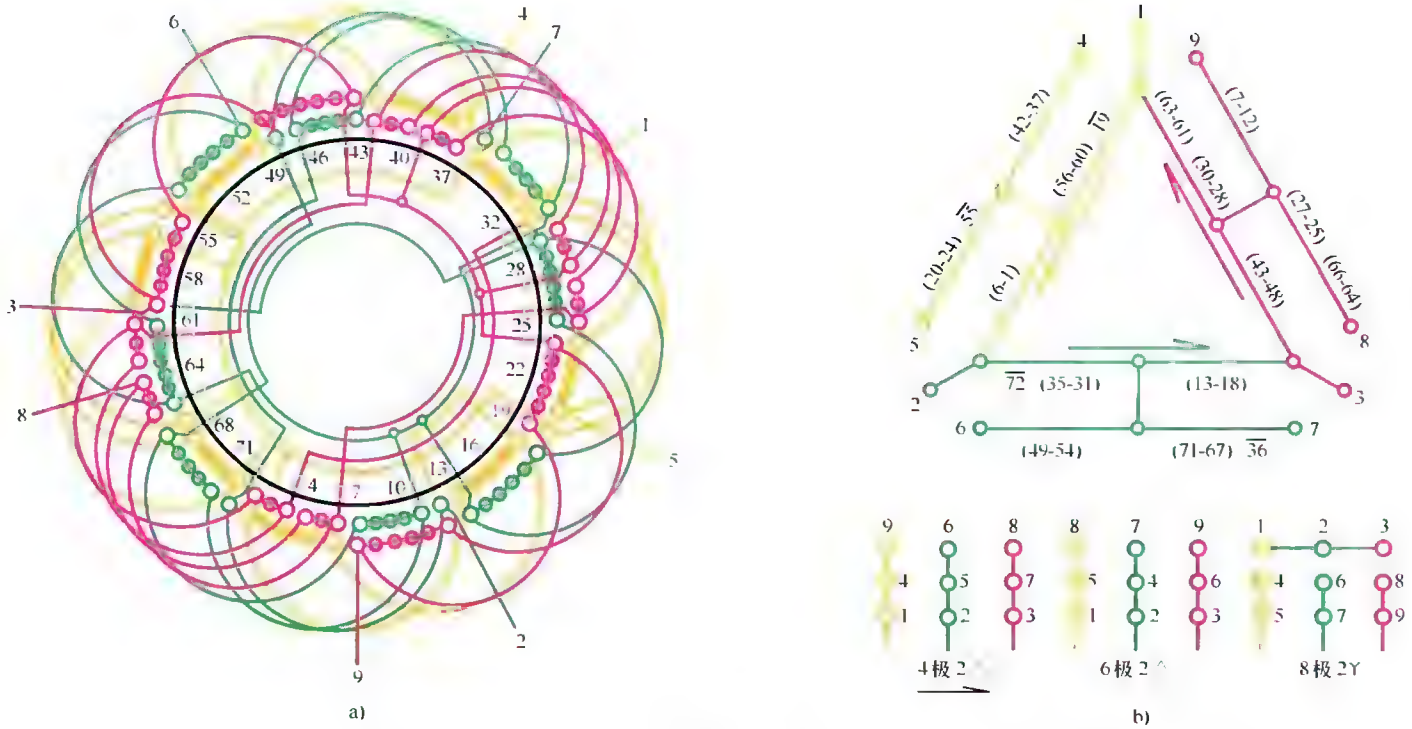


图　2.2.8

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=72$	每组圈数	S=4
电机极数	$2p=8$ 6 4	绕组型式	双层叠式
绕组接法	2Y 2△ 2△	线圈节距	$y=12$
总线圈数	$Q=72$	出线根数	$c=9$
线圈组数	$u=18$		

绕组系数　$K_{dp8}=0.72$　$K_{dp6}=0.638$　$K_{dp4}=0.828$

2. 特点及应用　本例是非倍极比变速绕组，三速采用反向法变极。它以 1 极的 60°相带绕组为基准，用反向法得 180°相带的 6 极绕组；再以 4 极为基准，获得 8 极的庶极绕组。根据对磁场校验，1 极和 8 极都能形成规整的磁场，而 6 极形成的磁场则不够规整，但这也是非倍极比变极带来的通病，所以起动、运行时会产生振噪。本绕组 6、8 极是同转向，并与 4 极反转向。

本例绕组每组圈数不等，每组有 6 圈、5 圈、3 圈和单圈 4 种。嵌线和绕线时应以注意。

第 3 章　三相电动机改绕用正弦绕组

三相正弦绕组又称星一角混合绕组，是近年出现的高质量的特殊绕组型式。它具有如下优点：

(1) 采用正弦绕组可以加强基波磁势的同时，有效地削弱 5、7 次谐波干扰，从而改善电动机性能；

(2) 改绕正弦绕组，特别是双层叠绕组改正弦绕组，对绕组系数有较大提高，进而可使功率因数提高、电动机出力也随之提高；

(3) 改绕后，部分线圈从双层改为单层，除节省了层间绝缘材料外，还可考虑适当增大正弦绕组的导线截面积以降低定子绕组铜损耗，进而提高电动机运行性能，节省电能，并在提高电动机输出功率的同时还降低了运行温度；

(4) 由于正弦绕组的安排，使空间相位差缩减为 30°相带，使气隙磁势更接近于圆形，电动机的运行更加稳定，而振动和噪声得以减少。

虽然正弦绕组具有很多优点，但不同电机改绕后的经济效果并不相同，一般来说，2、4 极电动机改绕正弦的效果要比多极数的明显，有的效率可提高 2%～4%；此外，还要看原电机本身的质量，若原来设计合理，而附加损耗又很小，则改绕后的效果也不理想。所以，选择改绕的电机，最好选用 JO2、JO3、JO4 系列正规厂家的铝线电动机进行改绕，因其材质可以保证，而以铝改铜有效利用的空间也较大。因此效果最佳。

但是，由于正弦绕组的结构和接线复杂，工艺要求高，嵌线制作较费工时，故目前在标准系列产品尚未有采用，但在修理中已有人遇到过。随着技术进步和对产品质量要求的提高，正弦绕组将最终成为高性能、高效率电动机首选的绕组型式，目前则主要用于提高电机功效的特制和改绕修理

三相正弦绕组中有星形和角形两套绕组，根据不同的连接特点，可构成内星角形(△)和内角星形(人)两种型式

3.1 三相内星角形(△)正弦绕组布线接线图

一、正弦绕组的构成

正弦绕组是把60°相带绕组每极相分成△形和Y形两部分。由于星形绕组较角形绕组电流滞后30°电角，从而使电机综合电流在定子圆周上的分布更接近于正弦波形，故被称为正弦绕组。正弦绕组的构成是以三相绕组为基础，即将三相绕组每极相所占槽数 q 一分为二，一部分接成角形绕组，另一部分接成星形绕组，两部分绕组分别按常规独立接线，实质是在一台电机定子上嵌入两套三相绕组，最后将两部分绕组按需接成△形或Y形。

二、绕组参数

(1) 线圈数　正弦绕组总线圈数是两部分绕组线圈之和，即 $Q=Q_d+Q_y$；如是双层布线，总线圈数等于槽数；若采用单层布线则 $Q_单=Z/2$；单双层布线则界于两者之间；

(2) 线圈组数　系指两部分绕组线圈组数之和；

(3) 每组圈数　包括角形(S_d)和星形(S_y)两部分；

(4) 极相槽数　与一般三相绕组相同，即 $q=Z/2pm$，但两部分绕组每极相占槽 q_d 与 q_y 可以相等，也可不等；

(5) 线圈节距　正弦绕组线圈节距包括 y_d 和 y_y，对双层绕组 $y_d=y_y$；单层或单双层可不同；

(6) 并联支路数　一般改绕常取 $a_d=a_y$，但亦有个别图例 $a_d\neq a_y$。

三、布线接线要点

正弦绕组有多种布线型式，详细可参考3.2节说明。内星角形的接线分三步进行：

1) 先将属于角形的线圈(组)按三相电动机常规绕组接成△形，抽出引接线并标示 U_d、V_d、W_d；

2) 再把其余线圈(组)逐相连接后，尾端连成星点，接成Y形绕组；

3) 最后把星形绕组的头端标示 U_y、V_y、W，并与 U_d、V_d、W 对应端并接。

四、改绕参数换算

正弦绕组目前主要用于电动机提高性能的改绕，详细的说明可参考3.2节介绍。改绕参数的换算见表3.1。

表3.1　三相电动机改绕内星角形(△)正弦绕组的基本参数计算

原绕组接法	改绕参数	正弦Y形部分	正弦△形部分
三相Y形	每槽导线数	$N_y=1.94N_o\dfrac{K_{po}}{K_p}$	$N_d=3.36N\dfrac{K_{po}}{K_p}$
	导线截面积	$S_y=0.515S_o\dfrac{K_p}{K_{po}}$	$S_d=0.299S\dfrac{K_p}{K_{po}}$
三相△形	每槽导线数	$N_y=1.12N\dfrac{K_{po}}{K_p}$	$N_d=1.94N\dfrac{K_{po}}{K_p}$
	导线截面积	$S_y=0.892S_o\dfrac{K_p}{K_{po}}$	$S_d=0.515S_o\dfrac{K_p}{K_{po}}$

注：N_o、S_o——改绕电动机原三相绕组每槽有效导线数和导线截面积；

K_{po}、K_p——原三相绕组及改绕正弦绕组的节距系数

五、图例说明

1) 正弦绕组每极相线圈分别由角形和星形两部分组成，每组线圈数可相等，也可不等；

2) 绕组参数中角形部分用脚注"d"表示；星形用"y"表示；

3) 图例中的图a是正弦绕组布接线端面模拟图，其中角形线圈用细实线绘制，以虚线连接；星形线圈用粗实线绘制而用实线连接；

4) 正弦绕组连接线交叉较多，为便于看图，本节例图交接点采用打"·"表示

3.1.1　24槽2极(单层链式)内星角形正弦绕组

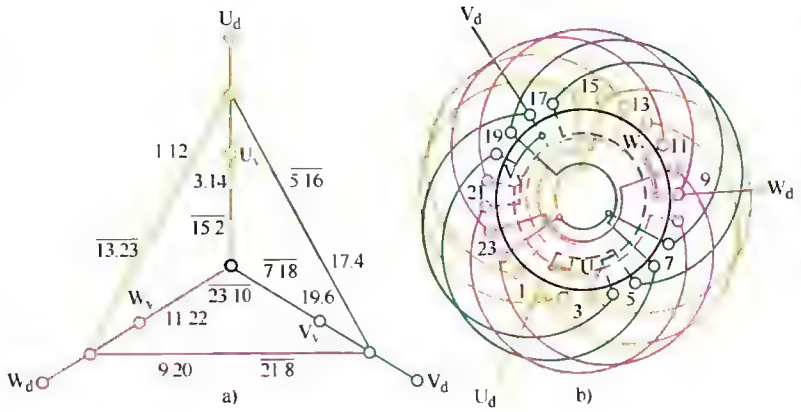


图　3.1.1

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=24$	线圈组数	$u=12$	绕组极距	$\tau=12$
电机极数	$2p=2$	每组圈数	$S_d=1$	线圈节距	$y_d=1-12$
总线圈数	$Q=12$	极相槽数	$q=4$		$y_y=3-14$
△线圈数	$Q_d=6$		$S_y=1$	节距系数	$K_1=1$
Y线圈数	$Q_y=6$	△极相槽	$q_d=2$	并联路数	$a_d=a_y=1$
		Y极相槽	$q_y=2$	每槽电角	$\alpha=15°$

2. 绕组特点　本例采用单层显极式布线，两套绕组占槽相等，且每组线圈数相等，而每组只有一只线圈，故属单链绕组。虽为全距绕组，但每只线圈实际跨距均小于极距，而且总线圈数比双层绕组少一半，具有嵌绕省时、方便等特点。

3. 嵌线方法　绕组分层嵌线，先把角形部分的线圈嵌入相应槽内，完成后再将星形部分的线圈嵌于面层。

4. 接线要点　将两种线圈引线整理顺直分开，暂时把Y形线圈的引线扳向定子中心束起：分别把△形部分同相两线圈“尾与尾”连接，三相再接成△形，抽出电机绕组三相引线 U_d、V_d、W_d。然后如图确定Y形部分的相头 U_y、V_y、W_y，逐相按显极连接好后，将三相尾端结为星点，再将相头对应相别与 U_d、V_d、W_d 连接，如图a所示。

5. 改绕计算　绕组有两种参数的线圈，基本参数由表3.1计算，例如：

(1) 原绕组为Y形接法改绕正弦绕组

星形部分　每槽导线数 $N_y=1.94N_0K_{p0}\cdot K_1$

线圈匝数　$W_y=N$

导线截面积 $S_y=0.515S_0K\quad K_{p0}$

角形部分　每槽导线数 $N_d=3.36N_0K_{p0}\quad K$

线圈匝数　$W_d=N_0$

导线截面积 $S_d=0.299S_0K\quad K_{p0}$

(2) 原绕组为△形接法改绕正弦绕组

星形部分　每槽导线数 $N_y=1.12N_0K_{p0}\quad K$

线圈匝数　$W_y=N$

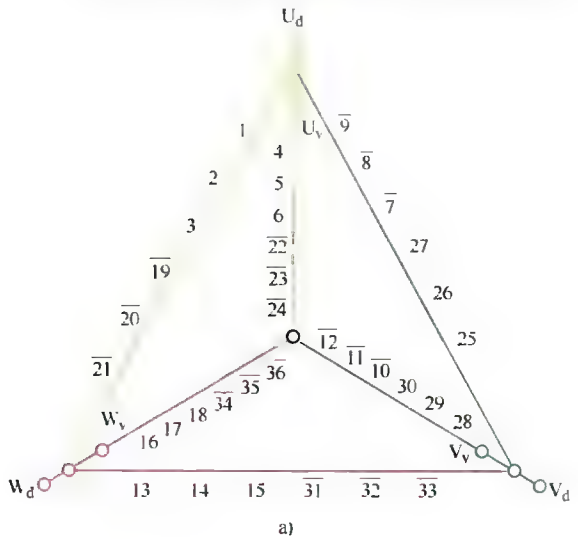
导线截面积 $S_y=0.892S_0K\quad K$

角形部分　每槽导线数 $N_d=1.94N_0K_{p0}\quad K$

线圈匝数　$W_d=N_0$

导线截面积 $S_d=0.515S_0K\quad K$

3.1.2 36槽2极(双层叠式)内星角形正弦绕组



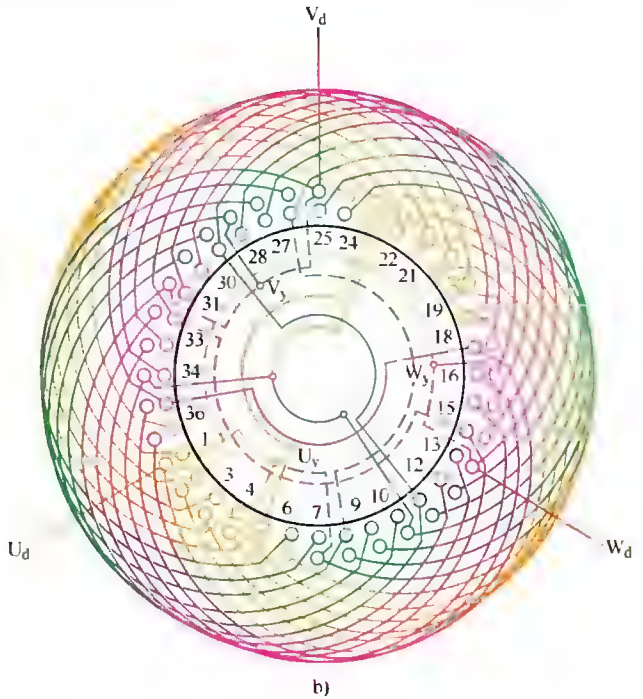


图 3.1.2

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	线圈组数	$u=12$	绕组极距	$\tau=18$
电机极数	$2p=2$	每组圈数	$S_d=3$	线圈节距	$y_d=1-18$
			$S_y=3$		$y_y=4-21$
总线圈数	$Q=36$	极相槽数	$q=6$	节距系数	$K_p=0.996$
△线圈数	$Q_d=18$	△极相槽	$q_d=3$	并联路数	$a_d=a_y=1$
Y线圈数	$Q_y=18$	Y极相槽	$q_y=3$	每槽电角	$\alpha=10°$

2. 绕组特点　本例采用双层叠式显极布线，两套绕组占槽相等，每组均由3只线圈组成：两套线圈匝数不同，但尺寸相同，可用同规格模板绕制，故线圈绕制方便，绕组排列整齐、端部美观；但线圈跨距大，吊边数达17，给嵌线造成很大困难。

3. 嵌线方法　绕组嵌线方法与普通双叠绕组相同，但由于星形和角形线圈参数不同，故嵌线时要按图轮换嵌入

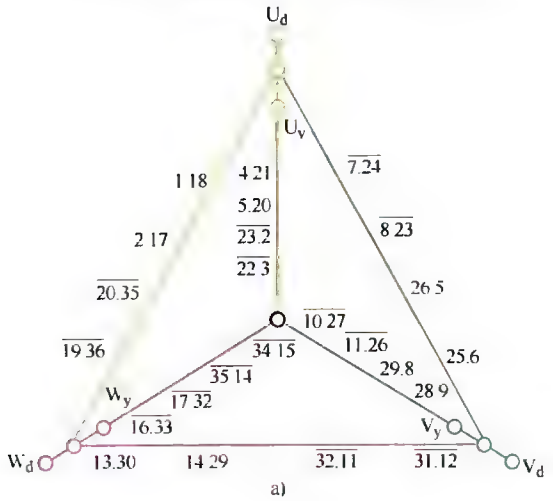
4. 接线要点　绕组为显极式布线，同相相邻线圈组应反接串联。实施时宜先接角形部分，后接星形部分，并将星形绕组的三相头 U_y、V_y、W_y 分别接在角形相应的三顶点，如图a所示，再引出 U_d、V_d、W_d 三根引线。

5. 改绕计算　绕组有角形和星形两种线圈，正弦绕组基本参数根据原三相绕组接法由表3.1公式计算，线圈参数由下式确定：

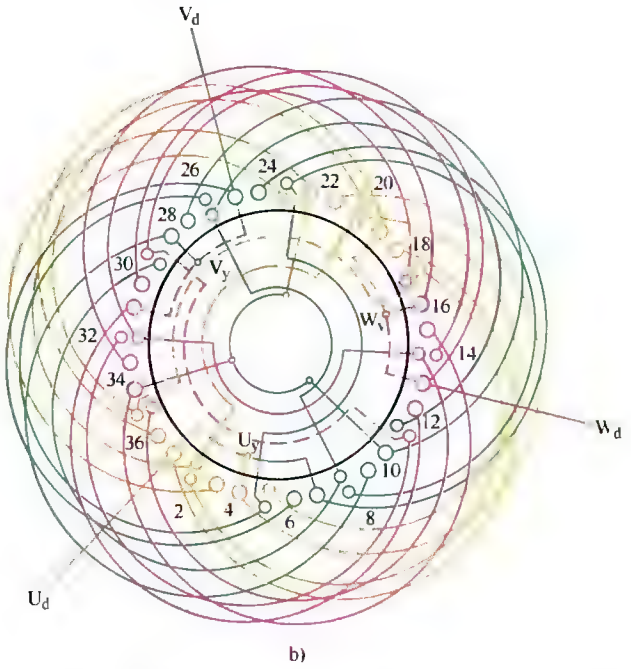
星形线圈匝数　$W_y=N_y/2$

角形线圈匝数　$W_d=N_d/2$

3.1.3　36槽2极(单双层)内星角形正弦绕组***



a)



b)

图　3.1.3

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	线圈组数	$u=12$	绕组极距	$\tau=18$
电机极数	$2p=2$	每组圈数	$S_d=2$	线圈节距	$y_d=1-18,\ 2-17$
总线圈数	$Q=24$		$S_y=2$		$y_y=4-21,\ 5-20$
△线圈数	$Q_\Delta=12$	极相槽数	$q=6$	节距系数	$K_p=0.996$
Y线圈数	$Q=12$	△极相槽	$q_d=3$	并联路数	$a_d=a_y=1$
		Y极相槽	$q_y=3$	每槽电角	$\alpha=10^\circ$

2. 绕组特点　本例采用单双层布线，两套绕组占槽相等，线圈数相等，绕组有四种不同参数线圈：每组由两只不等匝同心线圈构成，故线圈组要用双塔模绕制；但绕组线圈较双层绕组少12只，而且可分层嵌线，吊边数少，只吊4边，嵌线比双叠绕组方便。

3. 嵌线方法　嵌线采用分层嵌线，即先把角形部分的线圈嵌入相应槽内，垫好层间及端部绝缘后再嵌星形部分的线圈，因此，实质上是由两套同心式三相绕组构成

4. 接线要点　绕组属显极式布线，同相相邻线圈组应反接串联。接线时先接角形部分，并如图所示引出U_d、V_d、W_d；然后再将星形部分接成Y形，但星形部分三相进线必须U_y、V_y、W_y与U_d、V_d、W_d同极对应，最后把U_y、V_y、W_y分别对应并接于U_d、V_d、W_d，如图a所示

5. 改绕计算　正弦绕组基本参数中的每槽导线数N_y、N_d及导线截面积S_y、S_d由表3.1计算，线圈匝数由下式确定：

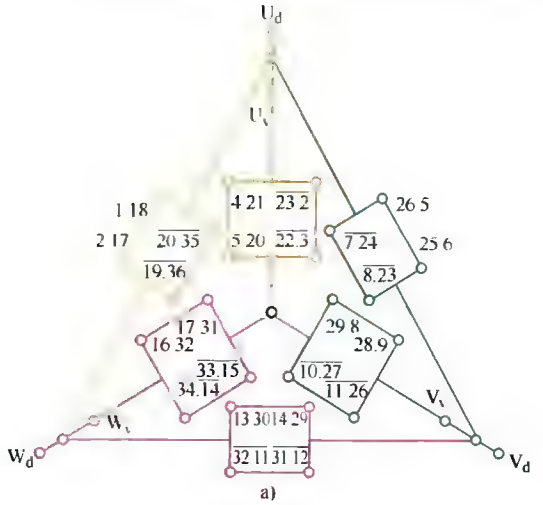
星形　同心大线圈匝数　$W_{y1}=N$

同心小线圈匝数　$W_{y2}=W_{y1}\ 2$

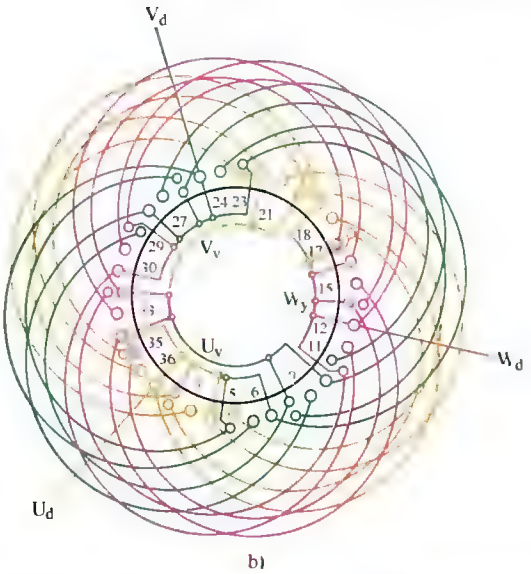
角形　同心大线圈匝数　$W_{d1}=N_d$

同心小线圈匝数　$W_{d2}=W_{d1}\ 2$

3.1.4 36槽2极(a=2、单双层)内星角形正弦绕组



a)



b)

图 3.1.4

1. 绕组参数

定子槽数	Z=36	线圈组数	u=12	绕组极距	τ=18
电机极数	$2p$=2	每组圈数	S_d=2	线圈节距	Y_d=1−18，2−17
总线圈数	Q=24		S_y=2		Y_y=4−21，5−20
△线圈数	Q_d=12	极相槽数	q=6	节距系数	K_p=0.996
Y线圈数	Q_y=12	△极相槽	q_d=3	并联路数	a_d=a_y=2
		Y极相槽	q_y=3	每槽电角	α=10°

2. 绕组特点　本例系二路并联的正弦绕组。布线采用单双层同心式。角形和星形两套绕组占槽相等，两套绕组有四种规格线圈，同心线圈可用塔模连绕。绕组线圈数较少，采用分层嵌线时吊边数为4，嵌线接线都简便

3. 嵌线方法　采用分层交叠嵌线，先把角形部分线圈嵌入相应槽内，构成一套交叠式单层绕组，垫好绝缘后再嵌Y形部分线圈于面层。

4. 接线要点　接线前理顺线圈的线头，将星形部分的线圈引线扳向定子中心，角形部分线圈引线理直后按普通三相电机绕组显极布线的极性规律接成二路角形；再把星形部分接成二路星形，最后把两套绕组如图a所示接成△形。此外，也可参照图b所示，将相应槽线圈的层次引线接成三组，然后再把星点连结。

5. 改绕计算　本例为二路并联的△形正弦绕组，如采用此图改绕则被选原电动机绕组必须是二路并联，否则应将原绕组参数换算为二路并联作为原绕组参数，再以此由表3.1算出正弦绕组基本参数，再算出线圈匝数：

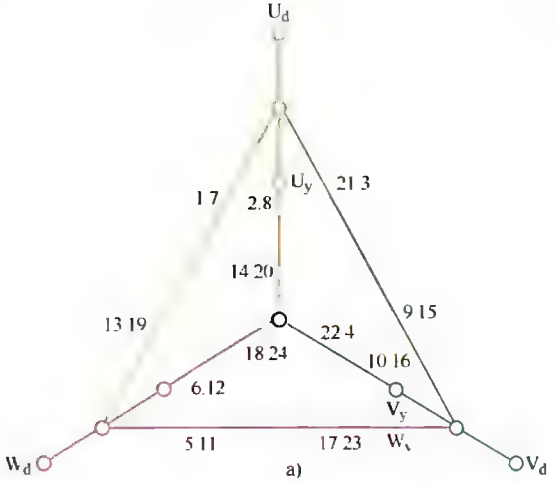
星形　同心大线圈匝数　W_{y1}=N

同心小线圈匝数　W_{y5}=W_{y1}/2

角形　同心大线圈匝数　W_{d1}=N_d

同心小线圈匝数　W_{d2}=W_{d1}/2

3.1.5 24槽4极(单层庶极链式)内星角形正弦绕组***



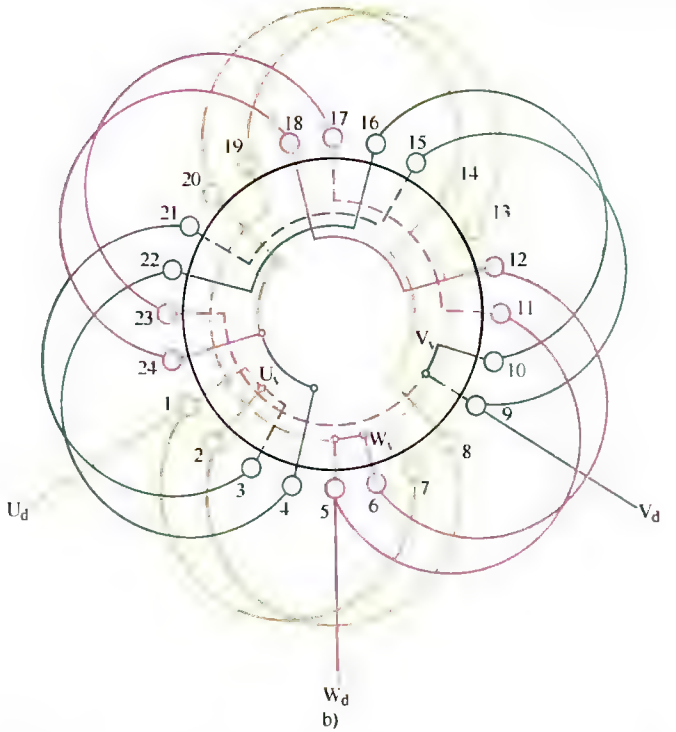


图 3.1.5

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=24$	线圈组数	$u=12$	绕组极距	$\tau=6$
电机极数	$2p=4$	每组圈数	$S_d=1$	线圈节距	$y_d=1-7$
总线圈数	$Q=12$		$S_y=1$		$y_y=2-8$
△线圈数	$Q=6$	极相槽数	$q=2$	节距系数	$K_p=1$
Y线圈数	$Q=6$	△极相槽	$q_d=1$	并联路数	$a_d=a_y=1$
		Y极相槽	$q_y=1$	每槽电角	$\alpha=30°$

2. 绕组特点　本例采用庶极布线，实质由两套单层庶极链式绕组构成，是24槽四极正弦绕组中线圈最少的电机，每组只有一只线圈，每相四极仅用两只线圈，因节距相同，两种数据的线圈可用同规格线模绕制。分层嵌线只吊1边，嵌线容易，较省工时。

3. 嵌线方法　两套绕组分层嵌入，先将角形部分的线圈嵌入相应槽内，构成单链绕组，垫好层间及端部绝缘，再嵌星形部分线圈

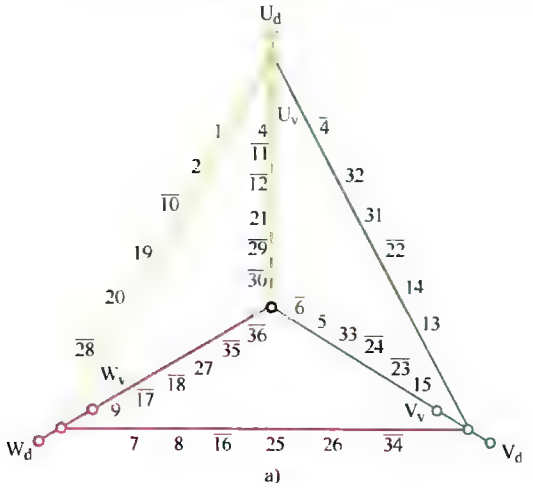
4. 接线要点　因绕组为庶极布线，必须使同相相邻线圈(组)间顺接串联，即"尾与头"相接。接线前将星形和角形两部分线头分开，先接角形部分，抽出三相引线 U_d、V_d、W_d。然后再接星形部分，并将相尾连结为星点；相头 U_s、V_s、W_s 与角形顶点 U_d、V_d、W_d 分别对应接在一起，如图a所示。

5. 改绕计算　本例为一路串联接法，被改电动机也应为一路串联，否则要将多路绕组数据换算到一路的参数作为原始数据，再计算改绕数据。改绕正弦绕组基本参数 N_d、N_y 及 S_d、S_y 由表3.1公式计算，线圈匝数由下式确定：

星形线圈匝数　$W_y=N_y$

角形线圈匝数　$W_d=N_d$

3.1.6　36槽4极(y=8、q_d=q_y.双层叠式)内星角形正弦绕组***



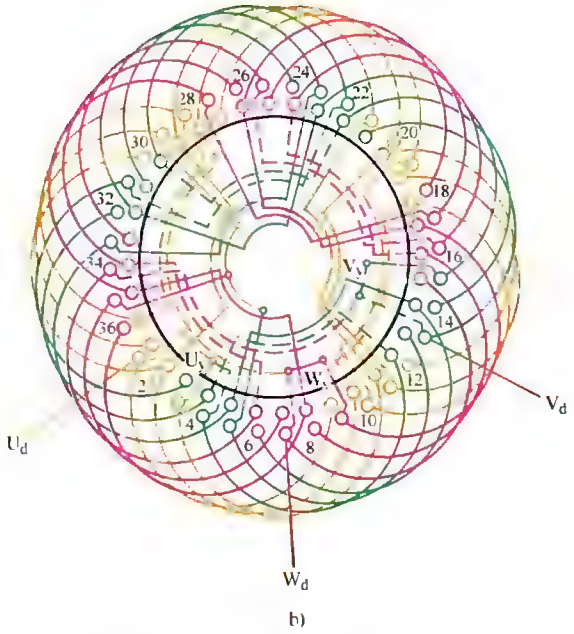


图　3.1.6

1. 绕组参数

定子槽数	Z=36	线圈组数	u=24	绕组极距	τ=9
电机极数	$2p$=4	每组圈数	S_d=1½线圈节距		y_d=8
			S_y=1½		y_y=8
总线圈数	Q=36	极相槽数	q=3	节距系数	K_p=0.985
△线圈数	Q_d=18	△极相槽	q_d=1½	并联路数	a_d=a_y=1
Y线圈数	Q_y=18	Y极相槽	q_y=1½	每槽电角	α=20°

2. 绕组特点　本例采用双层叠式显极布线，两套绕组占槽相等，即占槽比 i=1，但由于每极相占槽数为奇数(q=3)，则每组线圈为分数(S_d=S_y=1½)，故线圈安排轮换排列，如在第1极距内角形部分比星形多占1槽，第2极则少占1槽，从而形成角形线圈按2　1　2　1.而星形按1　2　1　2的规律分布。但线圈节距相同，可用同规格线模绕制。嵌线吊边数为8，从第9只线圈开始整嵌；线圈数量多，嵌绕较耗工时。

3. 嵌线方法　嵌线采用交叠法，两套线圈交替嵌入，嵌线工艺与普通双层叠式绕组相同，但由于两套绕组线圈参数不同，嵌线时不但要注意角形与星形线圈交替，同时还要注意单圈和双圈组轮换嵌入。

4. 接线要点　接线前将两套绕组线头理顺分开，先把角形部分按常规接成角形，并引出三相头端 U_d、V_d、W_d；再将另一套绕组接成星形，其相头 U_y、V_y、W_y 对应相别接到角形的三个顶点 U_d、V_d、W_d。两套绕组各自将同相4组线圈的极性仍按显极式分布，即使同相相邻两组线圈反极性。

5. 改绕计算　两套绕组基本参数根据原一路串联绕组由表3.1算出，再由下式确定线圈匝数

星形线圈匝数　W_y=N_y/2

角形线圈匝数　W_d=N_d/2

3.1.7 36槽4极($y=8$、$q_d \neq q_y$、双层叠式)内星角形正弦绕组

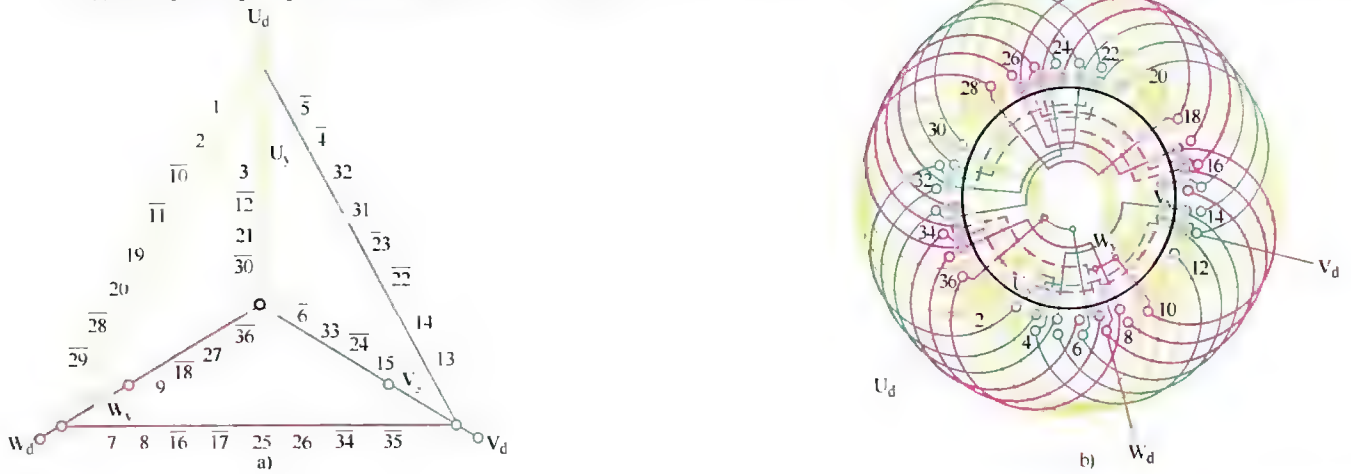


图 3.1.7

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	线圈组数	$u=24$	绕组极距	$\tau=9$
电机极数	$2p=4$	每组圈数	$S_d=2$	线圈节距	$y_d=1-9$
			$S_y=1$		$y_y=1-9$
总线圈数	$Q=36$	极相槽数	$q=3$	节距系数	$K_p=0.985$
△线圈数	$Q_d=24$	△极相槽	$q_d=2$	并联路数	$a_d=a_y=1$
Y线圈数	$Q_y=12$	Y极相槽	$q_y=1$	每槽电角	$\alpha=20°$

2. 绕组特点　本绕组每极相槽数也是奇数($q=3$)，与上例不同的是两套绕组采用不同的占槽，即 $i \neq 1$：角形部分占总槽数的 2/3，星形部分仅占 1/3；角形绕组每组线圈数为 2，星形时每组只有 1 只线圈，故无需交替轮换安排，但两套绕组相位差仍保持 30°相角。此外，由于两套绕组占槽比过大，会造成槽满率相差过大而使改绕后功率减少较多，电机铁心不能充分利用而造成浪费。本例仅作为 q=奇数，正弦绕组不轮换排列的示例。

3. 嵌线方法　两套绕组的线圈参数不同，单圈组是星形部分，双圈组是角形部分，嵌线时要单、双组交替嵌入相应槽内。

4. 接线要点　本例为显极布线，同相相邻线圈组间连接是反接串联，即“尾与尾”或“头与头”相接，而两套绕组的相头均应在同一极距内引出，但两套绕组的接线则各自进行。接线时先接好角形部分后，再接星形部分，最后将星形的相头 U_y、V_y、W_y 与角形的顶点 U_d、V_d、W_d 同相并在一起，如图 a 所示。

5. 改绕计算　因本例正弦绕组每极相所占槽数不相等，基本参数(以一路串联原始数据)由表 3.1 公式确定，线圈数据由下式计算：

星形　线圈匝数　$W_y=0.75N_y$

　　导线截面　$S_y=0.666S'$

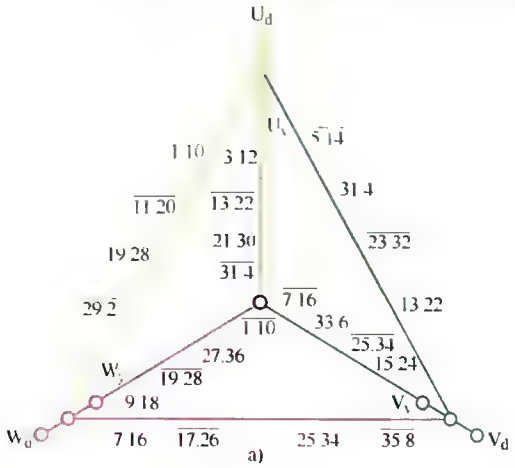
角形　线圈匝数　$W_d=0.375N_d$

　　导线截面　$S_d=1.33S'_n$

式中　N_y、N_d——星形和角形绕组每槽导线数基本值，由表 3.1 计算

　　S'、S'_n——星形和角形绕组导线截面积基本值，由表 3.1 计算

3.1.8　36槽4极（$y=9$、$q_d=q_y$、单双层）内星角形正弦绕组



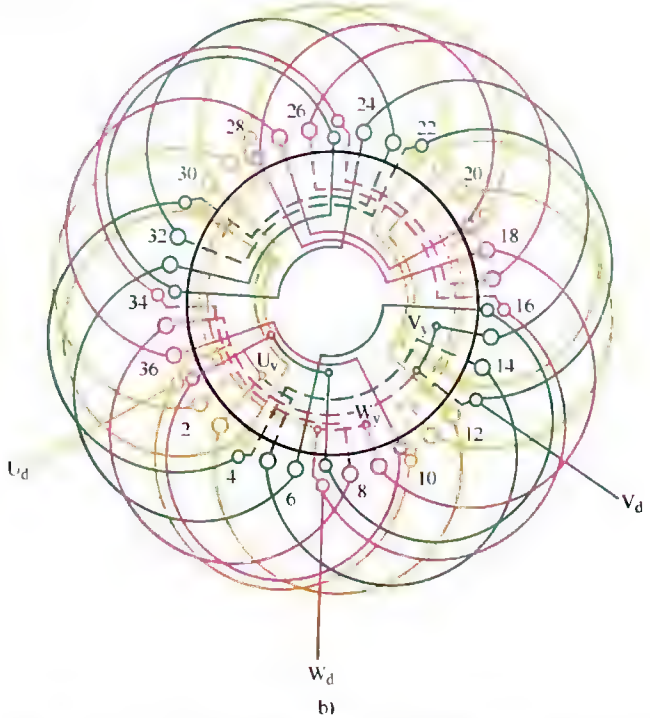


图　3.1.8

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	线圈组数	$u=24$	绕组极距	$\tau=9$
电机极数	$2p=4$	每组圈数	$S_d=1$	线圈节距	$y_d=9$
总线圈数	$Q=24$		$S_y=1$		$y_y=9$
△线圈数	$Q_d=12$	极相槽数	$q=3$	节距系数	$K_p=1$
Y线圈数	$Q=12$	△极相槽	$q_d=1\frac{1}{2}$	并联路数	$a_d=a_y=1$
		Y极相槽	$q_y=1\frac{1}{2}$	每槽电角	$\alpha=20°$

2. 绕组特点　本例是由双层叠式绕组演变而成的新的单双层正弦绕组型式，它虽用全距线圈，但槽电势分布与短距绕组相同，仍能有效地削减高次谐波分量。绕组每组均为1只线圈，线圈总数较双层绕组减少1/3，而且线圈跨9槽，但吊边数仅为2，利于小容量定子嵌线。但绕组端部出现局部三重叠现象，给端部整理和绝缘带来困难。

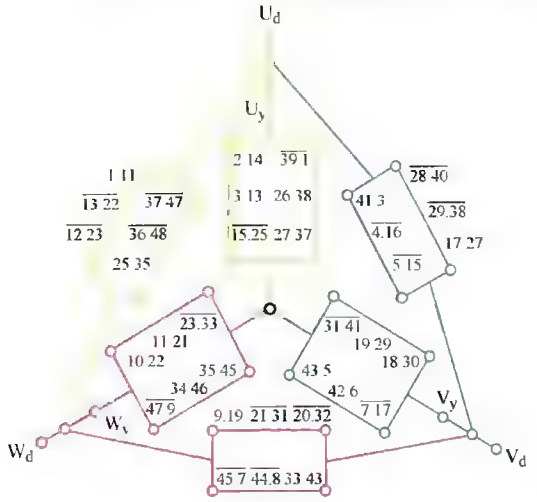
3. 嵌线方法　两套绕组分层交叠嵌线，先嵌角形部分，后嵌星形部分。由于两套绕组分别由同尺寸而不同数据的四种线圈构成，嵌线时要特别注意，勿使混淆。

4. 接线要点　本例为显极式绕组，同相相邻线圈按“头与头”或“尾与尾”相接。接线前将两套绕组线圈引线分开整理顺直，星形部分线圈引线向内束起，再把角形部分按常规接成三角形，由顶点出三相引线U_d、V_d、W_d，然后接星形部分，最后把星形绕组的相头U_y、V_y、W_y分别对应接于角形顶点，如图a所示。

5. 改绕计算　以一路串联原始数据换算。两套绕组基本参数由表3.1公式计算，线圈匝数由下式确定：

星形	单层线圈匝数	$W_{y1}=N$
	双层线圈匝数	$W_{y2}=N_y\sqrt{2}$
角形	单层线圈匝数	$W_{d1}=N$
	双层线圈匝数	$W_{d2}=N_d/\sqrt{2}$

3.1.9　48槽4极(a=2.单双层同心交叉式)内星角形正弦绕组



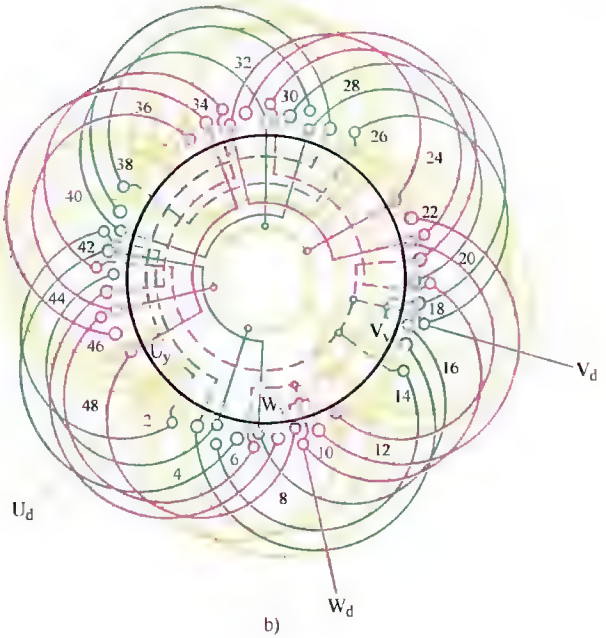


图　3.1.9

1. 绕组参数

定子槽数	Z=48	线圈组数	u=24	绕组极距	τ=12
电机极数	$2p$=4	每组圈数	S_d=1½线圈节距		y_d=10、12
总线圈数	Q=36		S_y=1½		y_y=10、12
△线圈数	Q_d=18	极相槽数	q=4	节距系数	K_p=0.991
Y线圈数	Q_y=18	△极相槽	q_d=2	并联路数	$a_d=a_y$=2
		Y极相槽	q_y=2	每槽电角	α=15°

2. 绕组特点　本例采用单双层布线，二路并联，总线圈数较双层绕组减少1/4，两套绕组占槽相等，线圈数也相等，它们分别由两套相同的单层同心交叉式绕组构成。嵌绕比较简便，吊边数仅为3。

3. 嵌线方法　嵌线前将4种规格线圈分开，先嵌角形部分线圈，完成后垫好层间及端部绝缘，再嵌星形部分线圈。嵌线时还要注意单、双圈线圈组交替嵌入。

4. 接线要点　首先将各线头理直，束起星形线圈引线，根据同相相邻线圈组极性相反的规律，先将角形部分逐相接成二路并联，再接成三角形，并把三相相头 U_d、V_d、W_d 引出；然后再把另套线圈接成二路星形，最后把 U_y、V_y、W_y 分别并接于角形的同相顶点，如图a所示。

5. 改绕计算　以两路并联原始数据换算。正弦绕组基本参数 N_y、N_d 及 S_y、S_d 由表3.1公式计算，各线圈匝数由下式确定：

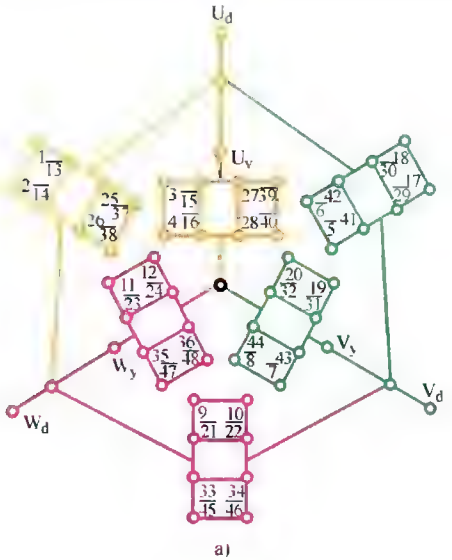
星形　同心大线圈匝数　$W_{y1-12}=N_y$

单圈及小线圈匝数 $W_{y2-11}=N_y/2$

角形　同心大线圈匝数　$W_{d1-12}=N_d$

单圈及小线圈匝数 $W_{d2-11}=N_d/2$

3.1.10　48槽4极(y=11、a=4.双层叠式)内星角形正弦绕组···



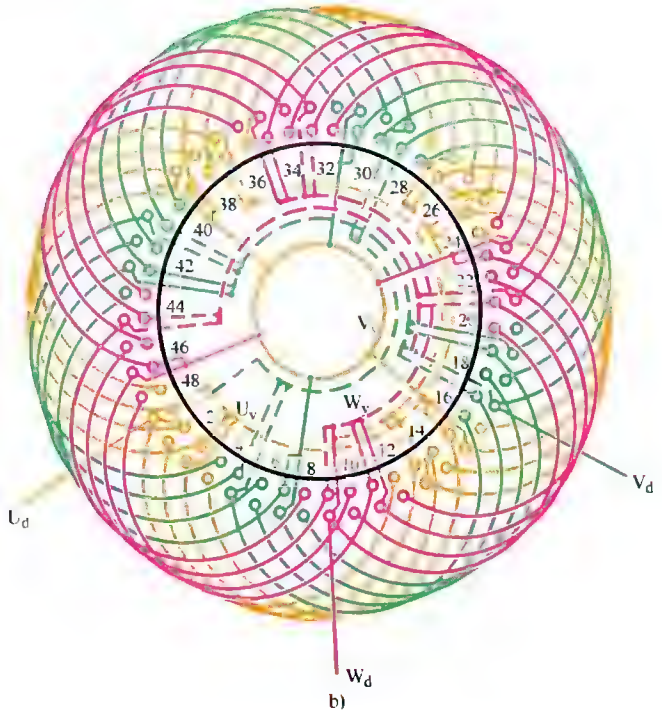


图　3.1.10

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=48$	线圈组数	$u=24$	绕组极距	$\tau=12$
电机极数	$2p=4$	每组圈数	$S_d=2$	线圈节距	$y_d=11$
总线圈数	$Q=48$		$S_y=2$		$y_y=11$
△线圈数	$Q_d=24$	极相槽数	$q=4$	节距系数	$K_p=0.991$
Y线圈数	$Q_y=24$	△极相槽	$q_d=2$	并联路数	$a_d=a_y=4$
		Y极相槽	$q_y=2$	每槽电角	$\alpha=15°$

2. 绕组特点　本例系双层叠式四路并联正弦绕组，线圈数目较多，绕组由同尺寸的两种参数的线圈构成，两套绕组占槽相等，是等元件排列，线圈用同规格双模连绕，但注意区分两种不同参数线圈组。

3. 嵌线方法　绕组嵌线与普通电动机双叠绕组相同，绕组全部均为双联线圈组，嵌线时要严格区分规格，以便交替嵌入。

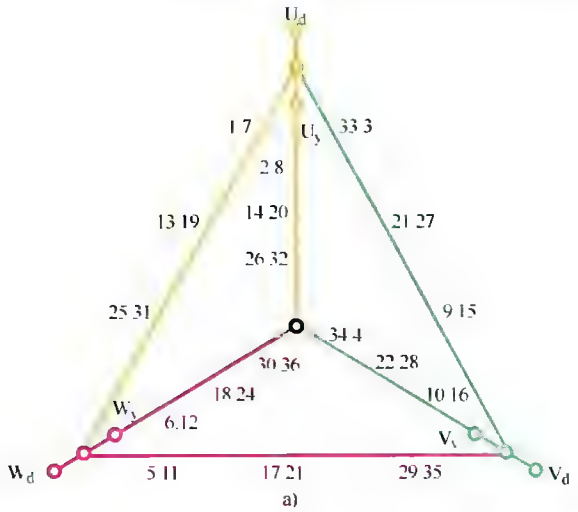
4. 接线要点　接线前将两套绕组的线头分开理顺，并把星形部分的线头向内束起，角形部分逐相连接成四路并联，使同相相邻线圈组极性相反，再将三相接成三角形，从顶点引出 U_d、V_d、W_d。同理把其余线圈组接成四路星形，最后将三相头 U_y、V_y、W_y 对应相别并接于角形顶点，如图 a 所示。

5. 改绕计算　以四路并联原始数据换算。两套绕组的基本参数由表 3.1 算出基本参数，然后由下式确定线圈匝数：

星形　线圈匝数　$W_y=N_y/2$

角形　线圈匝数　$W_d=N_d/2$

3.1.11　36槽6极(单层庶极链式)内星角形正弦绕组



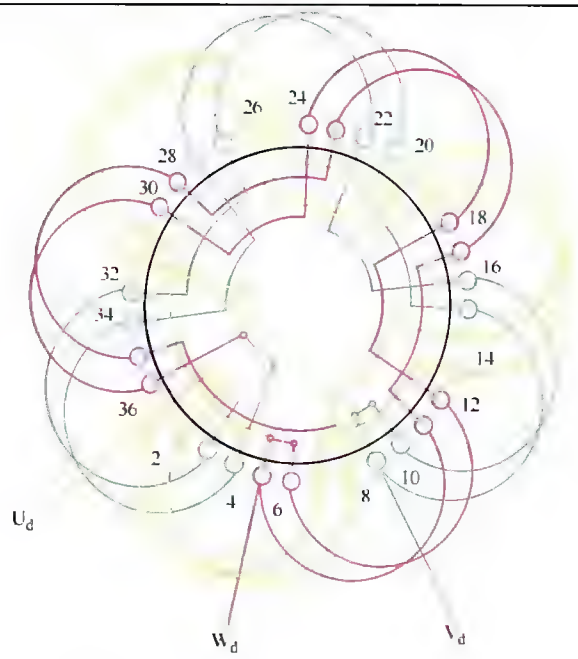


图　3.1.11

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	线圈组数	$u=18$	绕组极距	$\tau=6$
电机极数	$2p=6$	每组圈数	$S_d=1$	线圈节距	$y_d=1-7$
总线圈数	$Q=18$		$S_y=1$		$y_c=2-8$
△线圈数	$Q_\triangle=9$	极相槽数	$q=2$	节距系数	$K_t=1$
Y线圈数	$Q_Y=9$	△极相槽	$q_\triangle=1$	并联路数	$a=a'=1$
		Y极相槽	$q_Y=1$	每槽电角	$\alpha=30^\circ$

2. 绕组特点　本例采用单层庶极布线，是六极正弦绕组最简单的绕组型式。两套绕组占槽比为1，每组只有一只线圈，由于线圈为庶极排列，线圈个数及线圈组数都较显极式减少一半，而且分层嵌线时仅吊1边；接线也无需反折，故嵌接工序都省工省时　但电机性能稍差于双层绕组，一般应用只限于小容量电动机。

3. 嵌线方法　采用分层嵌线，即先将角形部分的线圈按交叠法嵌入相应槽内，完成后再嵌星形部分线圈于面层，两套绕组端部要垫好绝缘。嵌线时仅将第1只线圈浮动吊起，其余均可整嵌

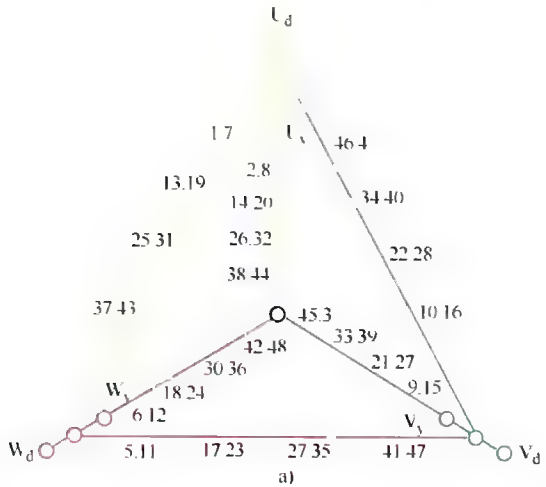
4. 接线要点　本绕组系庶极布线，线圈组极性均相同，因此，同相相邻线圈(组)应首尾串联，使电流同方向。操作时先将线圈引线整理顺直，束起星形部分的引线，将下层线圈接成三角形，并从三角顶点抽出三相绕组引线 U_d、V_d、W_d；然后再接星形部分，最后把相头 U_y、V_y、W_y 对应并接于角形顶点，如图a所示。此外，因每相绕组仅有3只线圈，也可采用三联模板绕制三联线圈，但线圈间预留相应长度过线，嵌线后可免除接线工序，即省工时，又可保证质量

5. 改绕计算　以一路串联原始数据换算，正弦绕组每槽导线数 N_y、N_d 及导线截面积由表3.1公式计算，线圈匝数由下式求取：

星形线圈匝数　$W_y=N$

角形线圈匝数　$W_d=N$

3.1.12　48槽8极(单层庶极链式)内星角形正弦绕组



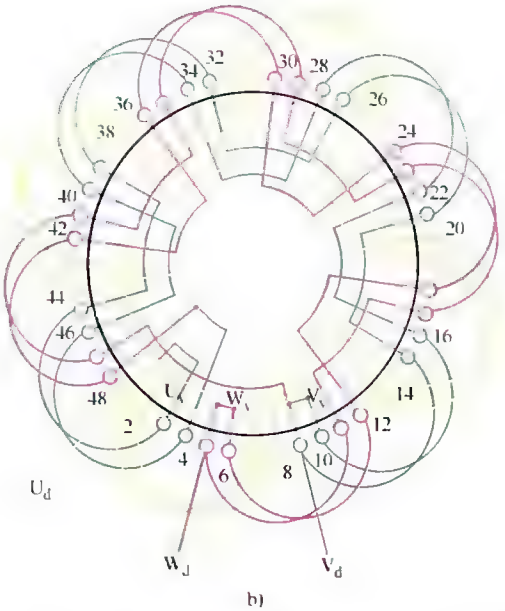


图　3.1.12

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=48$	线圈组数	$u=24$	绕组极距	$\tau=6$
电机极数	$2p=8$	每组圈数	$S_u=1$	线圈节距	$y_d=1\sim7$
总线圈数	$Q=24$		$S_y=1$		$y_y=2\sim8$
△线圈数	$Q_d=12$	极相槽数	$q=2$	节距系数	$K_p=1$
Y线圈数	$Q_y=12$	△极相槽	$q_d=1$	并联路数	$a_d=a_y=1$
		Y极相槽	$q_y=1$	每槽电角	$\alpha=30^\circ$

2. 绕组特点　本例是八极正弦绕组最简单的绕组型式。绕组由两套单层庶极链式绕组组成，每只线圈为一组，每相八极仅用1只线圈，故线圈组数和个数都较少。嵌线仅吊1边，操作省时方便。但多极数电机改绕，其性能效果不及双层叠式正弦绕组。

3. 嵌线方法　角形、星形两套线圈分层嵌入，先嵌角形部分，后嵌星形部分，同层线圈仍按交叠法嵌线。

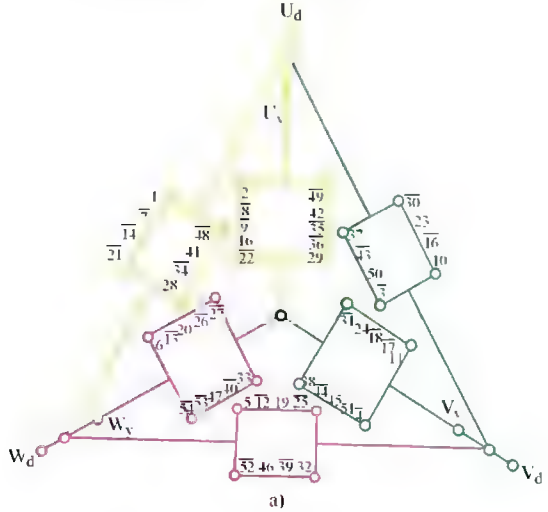
4. 接线要点　本例是庶极绕组，同相相邻线圈(组)间要首尾相接，使全部线圈呈同一极性。整理并分开两套线圈引线后，先将下层部分接成角形，并出三相引线 U_d、V_d、W_d；上层线圈接成星形，三相首端 U_y、V_y、W_y 分别与 U_d、V_d、W_d 对应相别并联，如图a所示。

5. 改绕计算　正弦绕组改绕以一路串联原始数据换算。基本参数 N_y、S_y 及 N_d、S_d 由表3.1公式计算。线圈匝数等于每槽导线数，即：

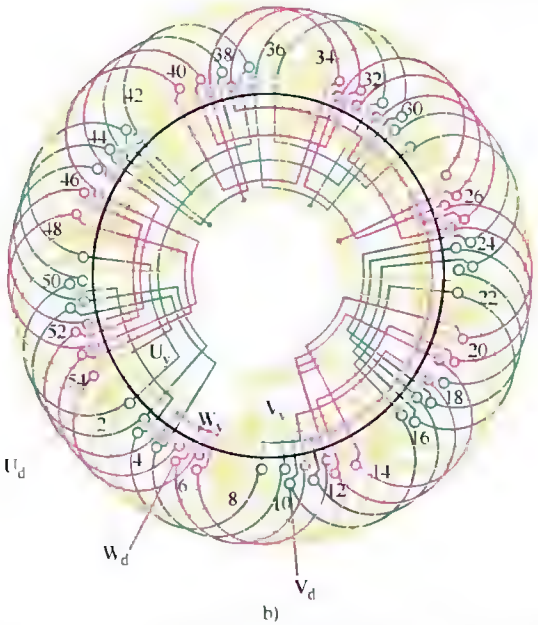
星形线圈匝数　$W_y=N$

角形线圈匝数　$W_d=N$

3.1.13　54槽8极($y=6$、$a=2$、双层叠式)内星角形正弦绕组



a)



b)

图　3.1.13

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=54$	线圈组数	$u=48$	绕组极距	$\tau=6\frac{3}{4}$
电机极数	$2p=8$	每组圈数	$S_d=1$	线圈节距	$y_d=6$
总线圈数	$Q=54$		$S_y=1\frac{1}{4}$		$y_y=6$
△线圈数	$Q_d=24$	极相槽数	$q=2\frac{1}{4}$	节距系数	$K_y=0.985$
Y线圈数	$Q_y=30$	△极相槽	$q_d=1$	并联路数	$a_d=a_y=2$
		Y极相槽	$q_y=1\frac{1}{4}$	每槽电角	$\alpha=26°40'$

2. 绕组特点　54槽定子属小型电机中功率较大的电机，故常采用多路并联。但绕制八极绕组时极相占槽为分数，只能用二路并联，而线圈节距较短，嵌线吊边数不多，不存在嵌线困难的问题，故正弦绕组也采用双层叠绕。在显极绕组中，八极绕组每相共有8个极相组，角形部分均为单圈组；星形部分的8组中有2个双圈组，属两套绕组占槽比不等的正弦绕组，但双圈组对称分布于定子铁心。线圈用同尺寸线模绕制，但两种线圈参数不同。

3. 嵌线方法　两种线圈尺寸相同而数据不一样，容易混淆，嵌线时要注意区分，并严格按例图中的线圈分布交替嵌入。

4. 接线要点　两套线圈引线理顺后将星形部分的引线扳向定子中心束起，先把角形部分(下层)线圈逐相按显极常规接成二路并联，完成后连接成三相角形，并引 U_d、V_d、W_d 三相出线；然后再把其余线圈接成二路星形，相头 U_y、V_y、W_y 则分别对应并接于角形顶点。

5. 改绕计算　改绕以二路并联原始数据换算。正弦绕组的基本参数 N_y、N_d 及 S'、S'' 由表3.1公式计算。线圈参数因 $q_y=q$，应由下式确定：

星形　线圈匝数　$W_y=0.45N$

导线截面积 $S_y=1.11S'$

角形　线圈匝数　$W_d=0.563N$

导线截面积 $S_d=0.886S''$

3.2 三相内角星形(△)正弦绕组布线接线图

正弦绕组的另一种接线型式是内角星形，因其接线仅构成一个闭合回路，即使三相不平衡，所产生的环流对电机运行造成的影响也远小于内星角形接法，所以常为改绕方案所采用

内角星形正弦绕组的构成原理和参数同上节所述

一、正弦绕组的布线 正弦绕组有多种布线型式

(1) 双层布线 布线型式同普通双层叠绕组，其上、下层是以线圈有效边在槽中所处层次表示。所以，角形和星形的线圈都是交叠分布在相应槽中的不同层次上。嵌线采用交叠法，但由于正弦绕组有角形和星形两种参数的线圈，嵌线时要按图要求交替轮换嵌入。具体嵌线顺序见各例。

(2) 单层布线 正弦绕组单层布线均采用分层交叠嵌线，即先将角形线圈交叠嵌入相应槽内构成底层绕组；再把星形线圈交叠嵌入相应槽中成为面层，从而形成不规则的端部双平面绕组。所以，单层布线的层次是指线圈端部的层次，而非双层绕组的槽内层次。具体嵌线顺序见各例

(3) 单双层混合布线 单双层绕组是指一台电机中既有单层槽又有双层槽的混合式布线。由于正弦绕组由两套绕组构成，并采用分层布线，先嵌入角形部分的线圈，完成后再嵌星形的线圈。因此，单双层布线的正弦绕组，其双层线圈是以槽中所处位置表示上、下层次，对其中单层线圈则以端部所处平面为上、下层次，即先嵌的角形线圈为下层，后嵌的星形线圈为上层。具体嵌线顺序参考相应叠式绕组

二、内角星形正弦绕组的接线

正弦绕组的接线虽然复杂，但它由角形和星形两套相对独立的绕组按一定形式连接而成，而且引出线仅需3根。因此，在接线过程中，进线和出线方位都必须按图进行，其相属和首、尾端都要严格区分，即使是星形接线也不允许调反连接。此外，为便于接线和检查，正弦绕组线圈的导线最好选用两种不同颜色的漆包线绕制；接线也用两种不同颜色的绝缘套管以资区别角形和星形部分

正弦绕组内角星形接线的操作程序如下：

(1) 先将角形部分的线圈(组)按常规逐相接好后连结成角形，并标出 $U_\triangle$、$V_\triangle$、$W_\triangle$ 三相头端；

(2) 再把属星形部分的线圈(组)逐相连接后不接星点，但标示相头 U、V、W，并作为引出线引出；

(3) 最后将星形的三相尾端分相对应与角形部分的 $U_\triangle$、$V_\triangle$、$W_\triangle$ 分别并接，如例中图a所示。

三、改绕参数换算

正弦绕组内角星形接线的改绕换算公式可参考表3.2。

表3.2 三相电动机改绕内角星形(△)正弦绕组的基本参数计算

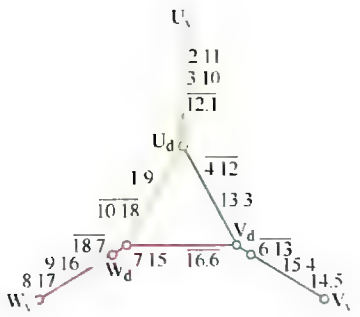
原绕组接法	改绕参数	正弦Y形部分	正弦△形部分
三相△形	每槽导线数	$N_y=0.56N_\triangle\frac{K_{P\triangle}}{K_P}$	$N_d=0.97N_\triangle\frac{K_{P\triangle}}{K_P}$
	导线截面积	$S_y=1.78S_\triangle\frac{K_P}{K_{P\triangle}}$	$S_d=1.03S_\triangle\frac{K_P}{K_{P\triangle}}$
三相Y形	每槽导线数	$N_y=0.97N_Y\frac{K_{PY}}{K_P}$	$N_d=1.68N_Y\frac{K_{PY}}{K_P}$
	导线截面积	$S_y=1.03S_Y\frac{K_P}{K_{PY}}$	$S_d=0.594S_Y\frac{K_P}{K_{PY}}$

注：N_Y、S_Y——改绕电动机原三相绕组每槽有效导线数和导线截面积；

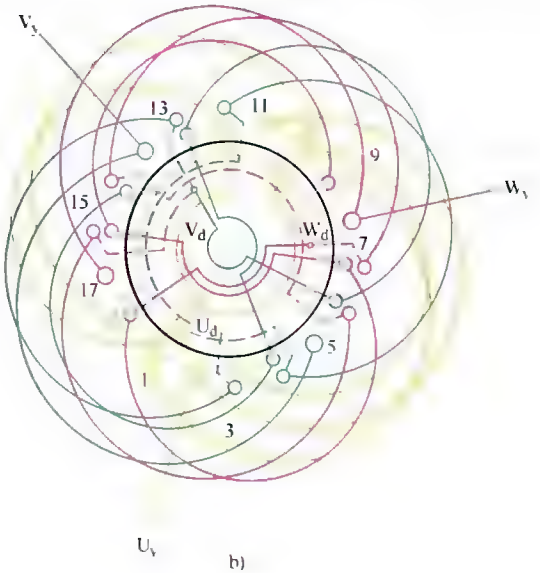
K_{PY}、K_P——原三相绕组及改绕后正弦绕组的节距系数

由于正弦绕组换算是以原三相电动机数据为基准进行的，所以改绕前后的并联路数要求相同。如改绕后并联路数与原绕组不同时，可先将原绕组换算到改绕后的并联路数再进行正弦绕组参数换算。此外，如当改绕方案不能成立时，也可改变并联路数换算参数后再改绕。例如48槽4极电机原为双层叠式四路并联，若选用单双层布线的正弦绕组方案便无法构成四路并联，这时应先将原绕组变换成二路并联参数后，再换算成二路并联的正弦绕组。

3.2.1　18 槽 2 极(单双层)内角星形正弦绕组



a)



b)

图　3.2.1

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=18$	线圈组数	$u=12$	绕组极距	$\tau=9$
电机极数	$2p=2$	每组圈数	$S_y=1\frac{1}{2}$	线圈节距	$y_d=1-9$
总线圈数	$Q=15$		$S_d=1$		$y_y=2-11,\ 3-10$
Y线圈数	$Q_y=9$	极相槽数	$q=3$	节距系数	$K_p=0.985$
△线圈数	$Q_d=6$	Y极相槽	$q_y=2$	并联路数	$a_y=a_d=1$
		△极相槽	$q_d=1$	每槽电角	$\alpha=20°$

2. 绕组特点　本例采用单双层显极布线，每极相槽数 q 为奇数，为充分发挥正弦绕组的优越性能，线圈匝数分布也采用正弦规律安排两套绕组占槽不相等，角形部分每极相由 1 只双层小线圈构成；星形部分则由同心单双层线圈组成。因此实质上角形绕组是一单层链式绕组，星形则是一套同心交叉式绕组混合构成。本例较之双层绕组而具有线圈少的特点；分层嵌线吊边数为 3，常为小容量电动机采用

3. 嵌线方法　绕组有四种规格线圈，而且同心线圈匝数也不相同，绕制时要注意。嵌线则先嵌角形部分线圈，完成后再嵌星形部分线圈于面层

4. 接线要点　本例是显极式布线，每套绕组同相相邻线圈组的极性必须相反，即“头与头”或“尾与尾”相接，使两组电流方向相反，但两套绕组的相头必须在同一极距内引进，如图中 U_y 在槽 2 则 U_d 在同极的槽 1，并使两槽的极性相同(以下同)。接线时先接角形，并标出三相首端 U_d、V_d、W_d，然后再接星形部分线圈，引出电机绕组三相引线 U_y、V_y、W_y(首端)；但星形的尾端不结星点，而对应相别接到 U_d、V_d、W_d，如图 a 所示

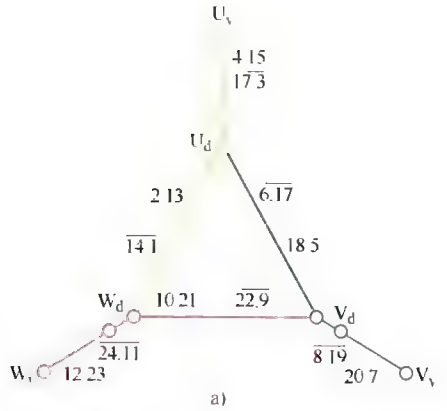
5. 改绕计算　由表 3.2 公式算出星形部分每槽导线数 N_y 及两套绕组的导线截面积 S_y、S_d，各线圈匝数则由下式确定：

星形　单层线圈匝数　$W_{y1}=N$

双层线圈匝数　$W_{y2}=0.347W$

角形　双层线圈匝数　$W_{\triangle}=1.185W$

3.2.2 24槽2极(单层链式)内角星形正弦绕组



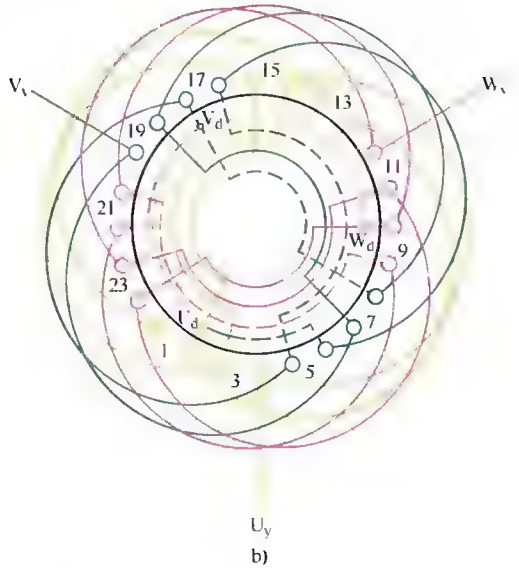


图 3.2.2

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=24$	线圈组数	$u=12$	绕组极距	$\tau=12$
电机极数	$2p=2$	每组圈数	$S_y=1$	线圈节距	$y_d=11$
总线圈数	$Q=12$		$S_d=1$		$y_y=11$
Y线圈数	$Q_y=6$	极相槽数	$q=4$	节距系数	$K_p=1$
△线圈数	$Q_d=6$	Y极相槽	$q_y=2$	并联路数	$a_y=a_d=1$
		△极相槽	$q_d=2$	每槽电角	$\alpha=15°$

2. 绕组特点　本例采用单层显极布线，绕组由两套单层链式绕组构成。线圈总数仅为双层绕组的一半；每极相组均为1只线圈。分层嵌线时吊边数少，较普通二极电机线圈绕制及嵌线都方便。常用于小容量电动机，但改绕正弦绕组的性能效果不够理想。

3. 嵌线方法　采用分层嵌线，先嵌角形部分的线圈于相应槽，完成后垫好端部绝缘再嵌星形线圈于面层。

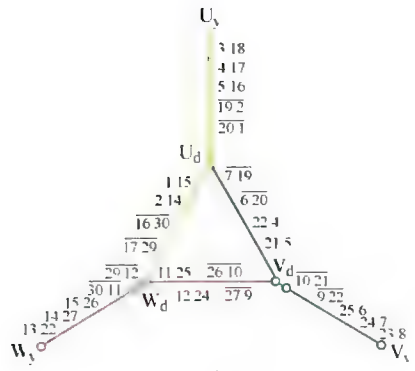
1. 接线要点　本绕组为显极布线，每相由2只线圈反串连接，即从相头引入，线圈尾端与另一同相线圈的尾端相接，再从头端引出，使两线圈(组)的极性相反。接线前先将各线圈引线头理直，把星形部分的线圈引线扳向定子中心束起；角形部分逐相连接后，按常规接成角形，并将顶点作记号 U_d、V_d、W_d，如图a所示；然后再逐相连接星形部分，但二相尾端不结星点，而将其分别对应三相并接于 U_d、V_d、W_d，如图a所示

5. 改绕计算　改绕正弦绕组参数根据表3.2计算，线圈匝数由下式确定：

星形线圈匝数　$W_y=N_y$

角形线圈匝数　$W_d=N_d$

3.2.3　30槽2极(单双层同心交叉式)内角星形正弦绕组



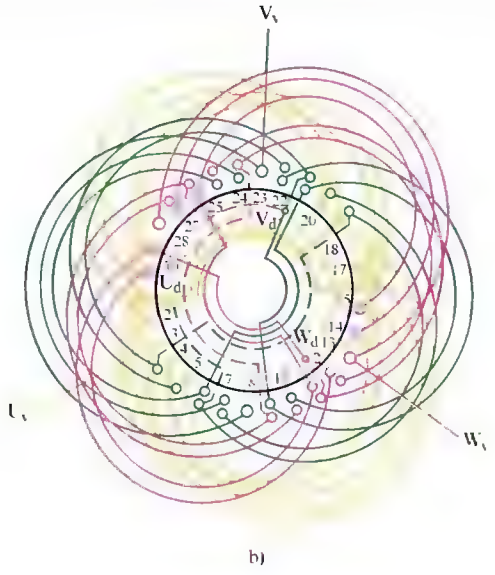


图　3.2.3

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=30$	每组圈数	$S_y=2½$	线圈节距	$y_d=1-15$，$2-14$
电机极数	$2p=2$		$S=2$		$y_y=3-18$，$4-17$，$5-16$
总线圈数	$Q=27$	极相槽数	$q=5$		
Y线圈数	$Q_y=15$	Y极相槽	$q_y=2½$	节距系数	$K_p=0.995$
△线圈数	$Q_d=12$	△极相槽	$q_d=2$	并联路数	$a_y=a_d=1$
线圈组数	$u=12$	绕组极距	$\tau=15$	每槽电角	$\alpha=12°$

2. 绕组特点　本例为单双层正弦绕组，每极每相槽数为奇数($q=5$)，两套绕组采用不等线圈安排，角形部分每组由两只同心双层线圈构成一套单层同心式绕组；星形部分为分数线圈，由双、三圈构成同心交叉式绕组，其中三圈组中的大线圈是单层线圈，其余均为双层线圈，虽较双层布线时减少线圈数目不多，但嵌线时角形吊4边，星形吊5边，均比原来吊边15减少10边以上，给嵌线带来方便。此外，为进一步改善电动机运动性能，本方案还按正弦规律分配匝数

3. 嵌线方法　采用分层嵌线，先嵌角形部分，后嵌星形部分

4. 接线要点　接线前先将线头理直区分，将角形部分的三相绕组逐相连接，使同相相邻两线圈组的极性相反，即“尾与尾”相接，再把三相绕组接成角形，并标记三相首端 U_d、V_d、W_d；同理也将星形部分逐相连接，把相尾同相对应接到角形顶点 U_d、V_d、W_d，如图a所示，最后抽出三相引线 U_y、V_y、W_y。

5. 改绕计算　正弦绕组基本参数 N、S、S_y 可根据改绕前接法由表3.2计算，各线圈匝数由下式确定：

星形　同心大线圈匝数　$W_{y大}=N$

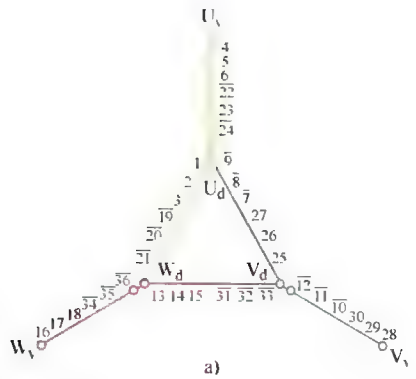
同心中线圈匝数　$W_{y中}=0.618W_{y大}$

同心小线圈匝数　$W_{y小}=0.21W_{y大}$

角形　同心大线圈匝数　$W_{d大}=1.41W_{y大}$

同心小线圈匝数　$W_{d小}=0.72W_{d大}$

3.2.4　36 槽 2 极（$y=17$、双层叠式）内角星形正弦绕组



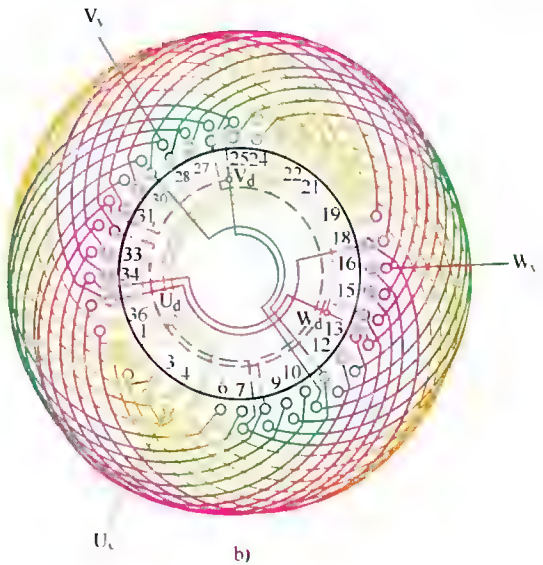


图　3.2.4

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	线圈组数	$u=12$	绕组极距	$\tau=18$
电机极数	$2p=2$	每组圈数	$S_s=3$	线圈节距	$y_d=17$
总线圈数	$Q=36$		$S_d=3$		$y_y=17$
Y线圈数	$Q_s=18$	极相槽数	$q=6$	节距系数	$K_p=0.996$
△线圈数	$Q_d=18$	Y极相槽	$q_s=3$	并联路数	$a_y=a_d=1$
		△极相槽	$q_d=3$	每槽电角	$\alpha=10°$

2. 绕组特点　本例是双层叠式显极布线，两套绕组占槽相等，每组均由 3 只线圈组成，线圈由同尺寸线模绕制，但两套绕组的线圈参数不同。线圈端部排列整齐、美观；但线圈跨距大，嵌线吊边数多达 17，嵌线较困难。

3. 嵌线方法　采用交叠嵌线，嵌线时要区分两种线圈，每组（3只）交替轮换嵌入。

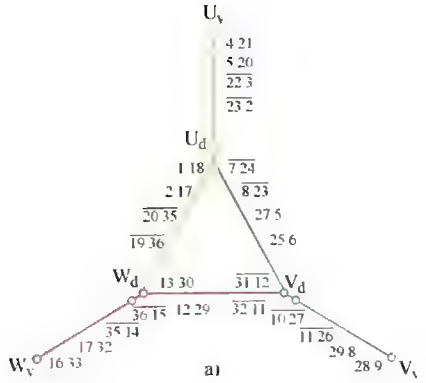
4. 接线要点　绕组系显极布线，同相相邻线圈组极性必须相反。先将角形部分逐相连接好再结成三角形，并标记三相首端 U_d、V_d、W_d；同理逐相连接星形部分，从相头引 U_y、V_y、W_y 三相绕组引出线；最后将星形的三相尾端分别对应接到 U_d、V_d、W_d，如图 a 所示。

5. 改绕计算　正弦绕组基本参数由表 3.2 计算，两套线圈的匝数由下式确定：

星形线圈匝数　$W_y=N\sqrt{2}$

角形线圈匝数　$W_d=N_d/2$

3.2.5　36 槽 2 极(单双层同心式)内角星形正弦绕组***



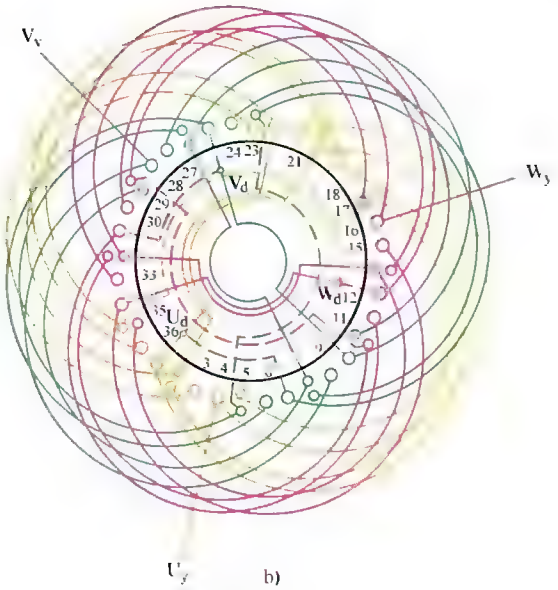


图　3.2.5

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	线圈组数	$u=12$	绕组极距	$\tau=18$
电机极数	$2p=2$	每组圈数	$S_y=2$	线圈节距	$y_d=1-18$，$2-17$
			$S_d=2$		$y_y=4-21$，$5-20$
总线圈数	$Q=24$	极相槽数	$q=6$	节距系数	$K_p=0.985$
Y线圈数	$Q_y=12$	Y极相槽	$q_y=3$	并联路数	$a_y=a_d=1$
△线圈数	$Q_d=12$	△极相槽	$q_d=3$	每槽电角	$\alpha=10°$

2. 绕组特点　本例由两套同心线圈构成的单双层显极式绕组，每组均由一大一小同心线圈组成：线圈总数比双层叠式少 1/3，嵌线吊边数为 4，比上例双层绕组少 1/3，大大降低了二极电动机线圈嵌线的难度。线圈采用同心塔模绕制，但要区分两种不同参数的线圈。

3. 嵌线方法　本例采用分层嵌线，嵌线前应将两种线圈组分别放置，先嵌下层角形部分，完成后再嵌星形部分于面层。

4. 接线要点　绕组是一路串联显极布线，每相绕组由两个单双层同心线圈组构成，两线圈组是“尾与尾”相接，使其呈相反的极性。一般是先接角形部分，将其三相按常规接成三角形，标记相头 U_d、V_d、W_d；再逐相连接星形部分，将三相尾端对应相别与 U_d、V_d、W_d 连接，如图 a 所示。最后将相头 U_y、V_y、W_y 引接出线。

5. 改绕计算　根据原一路串联绕组及原绕组接法改绕正弦绕组的基本参数由表 3.2 公式计算。线圈匝数由下式确定：

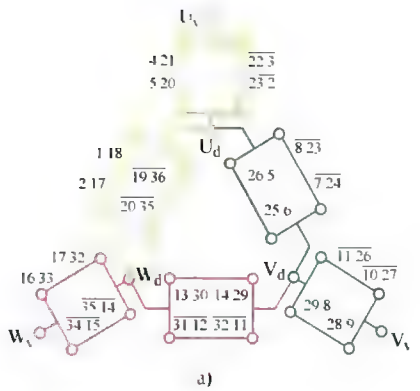
星形　大线圈匝数　$W_{y1}=N_y$

　　小线圈匝数　$W_{y2}=W_{y1}/2$

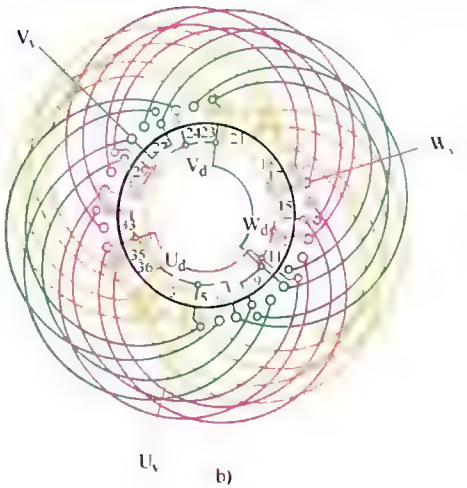
角形　大线圈匝数　$W_{d1}=N_d$

　　小线圈匝数　$W_{d2}=W_{d1}/2$

3.2.6　36 槽 2 极(a=2,单双层同心式)内角星形正弦绕组



a)



b)

图　3.2.6

1. 绕组参数

定子槽数	Z=36	线圈组数	u=12	绕组极距	τ=18
电机极数	$2p$=2	每组圈数	S_y=2	线圈节距	y_d=1—18，2—17
总线圈数	Q=24		S_d=2		y_y=4—21，5—20
Y线圈数	Q_y=12	极相槽数	q=6	节距系数	K_p=0.985
△线圈数	Q_d=12	Y极相槽	q_y=3	并联路数	$a_y=a_d$=2
		△极相槽	q_d=3	每槽电角	α=10°

2. 绕组特点　本绕组基本与上例相同，但采用二路并联接法，布线仍是单双层混合，两套绕组占槽相等，绕组由双圈同心绕组构成，大小两线圈匝数不等但线径相同，其中大线圈是单层线圈，小线圈是双层线圈。线圈跨距虽然较大，但采用分层嵌线的吊边数仅为 4，故嵌线的难度远小于双层绕组。

3. 嵌线方法　本例嵌线可参考上例，用后退工艺嵌线，但也可改用前进式嵌线工艺。

4. 接线要点　接线前先将各线头理顺，星形部分的线头扳向定子中心暂时束起。先接角形部分后接星形部分。各线圈组必须依据常规确定其极性，即并联时每相两组线圈要同在一组头端和另一组尾端接入。星形部分相头 U_y、V_y、W_y 作为电机绕组三相引出线，尾端则分别对应相别并接于角形顶点 U_d、V_d、W_d，如图 a 所示。

5. 改绕计算　正弦绕组的基本参数由表 3.2 确定，各线圈匝数由下式计算：

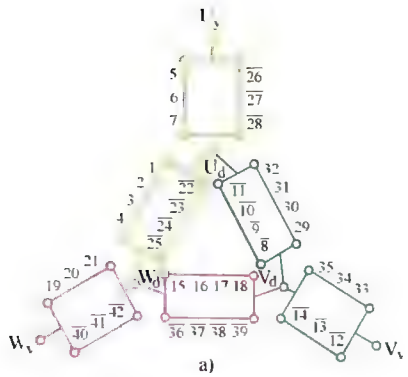
星形　单层线圈匝数　$W_{y1}=N$

双层线圈匝数　$W_{y2}=N\times 2$

角形　单层线圈匝数　$W_{d1}=N$

双层线圈匝数　$W_{d2}=N_{d1}\times 2$

3.2.7　42 槽 2 极(y=19,a=2,双层叠式)内角星形正弦绕组***



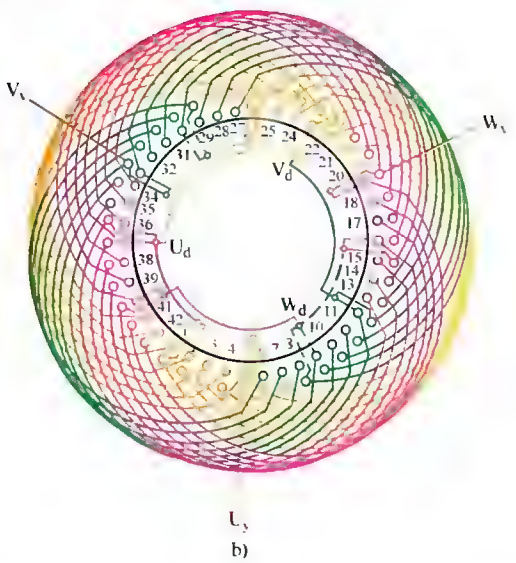


图　3.2.7

1. 绕组参数

定子槽数	Z=42	线圈组数	u=12	绕组极距	τ=21
电机极数	$2p$=2	每组圈数	S_y=3	线圈节距	y_d=19
总线圈数	Q=42		S_d=4		y_y=19
Y线圈数	Q_y=18	极相槽数	q=7	节距系数	K_p=0.989
△线圈数	Q_d=24	Y极相槽	q_y=3	并联路数	$a_y=a_d$=2
		△极相槽	q_d=4	每槽电角	α=8°57′

2. 绕组特点　本例为双层叠式绕组，线圈跨距大，嵌线较困难两套绕组占槽不等，正弦绕组采用不轮换排列：角形部分每组 4 圈，星形部分每组 3 圈，比角形部分少占 1 槽。同套绕组中每相仅两线圈组，采用二路并联时用反方向接线则显得较为方便。但由于每槽所占电角度为分度数，虽两套绕组互差不等于 30°，但相差极微，不致造成不良影响

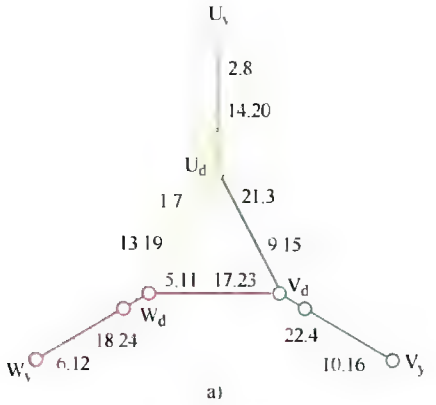
3. 嵌线方法　双叠绕组按常规采用交叠嵌线，嵌线时应依图按 4 联角形线圈和 3 联星形线圈交替嵌入。

4. 接线要点　本例为显极布线二路并联，同相两组线圈极性相反。接线时找出同相两线圈组的首尾引线，依图并联。先将角形部分逐相连接后再连接成角形，标示相头 U_d、V_d、W_d，如图 b 所示。再把星形部分逐相接成二路并联，引出相头 U_y、V_y、W_y 引线；最后把并联后的相尾逐相对应接到 U_d、V_d、W_d，如图 a 所示。

5. 改绕计算　改绕正弦绕组的基本参数由表 3.2 计算，因 $q_y \neq q_d$，为保证电机铁心槽满率不致相差过大，线圈及导线截面积由下式换算：

星形	线圈匝数	W_y=0.583N
	导线截面	S_y=0.857S'_y
角形	线圈匝数	W_d=0.438N
	导线截面	S_d=1.143S'

3.2.8　24槽4极(单层庶极链式)内角星形正弦绕组



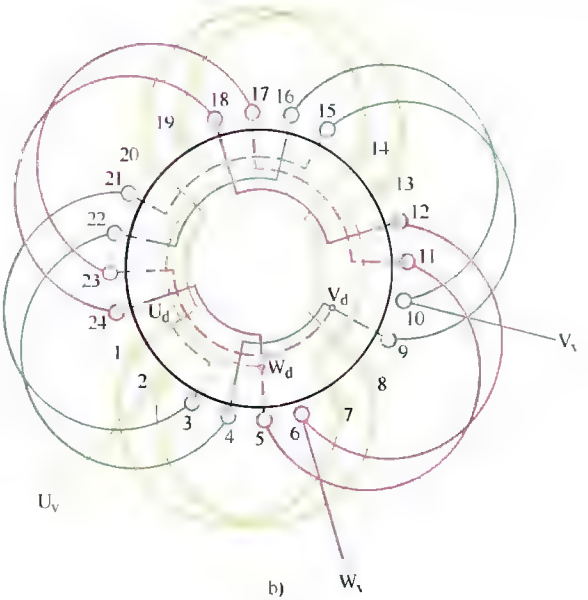


图　3.2.8

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=24$	线圈组数	$u=12$	绕组极距	$\tau=6$
电机极数	$2p=4$	每组圈数	$S_y=1$	线圈节距	$y_d=1-7$
			$S_d=1$		$y_y=2-8$
总线圈数	$Q=12$	极相槽数	$q=2$	节距系数	$K_1=1$
Y线圈数	$Q_s=6$	Y极相槽	$q_y=1$	并联路数	$a_y=a_d=1$
△线圈数	$Q_d=6$	△极相槽	$q_d=1$	每槽电角	$\alpha=30°$

2. 绕组特点　本例用单层庶极布线，每相均由2只线圈顺串而成，即两套绕组均是单层庶极链式绕组，线圈数为四极电机中最少，接线也较简单，嵌线亦方便，但仅为小容量电机采用。

3. 嵌线方法　采用分层交叠嵌线，先嵌角形部分，完成后再嵌星形部分于面层

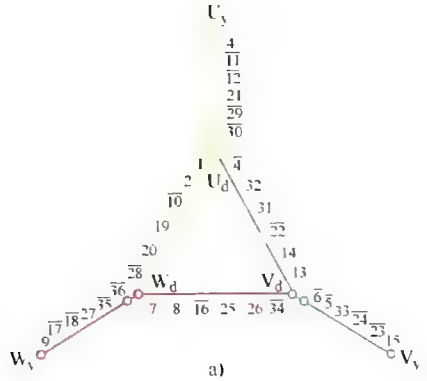
4. 接线要点　绕组为庶极布线，安排在定子对应位置同相的两只线圈(组)的极性必须相同，即线圈(组)间接线为"尾与头"相接。操作上先将角形部分逐相接好后连成角形，并标记角形顶点三相头端U_d、V_d、W_d完成后再逐相连接星形部分，并将其三相尾端分别对应接到U_d、V_d、W_d，如图a所示。三相头端U_y、V_y、W_y引至电动机接线盒。

5. 改绕计算　正弦绕组基本参数由表3.2公式计算，两种线圈匝数由下式确定：

星形线圈匝数　$W_y=N$

角形线圈匝数　$W_d=N_d$

3.2.9　36 槽 4 极(y=8,双层叠式)内角星形正弦绕组



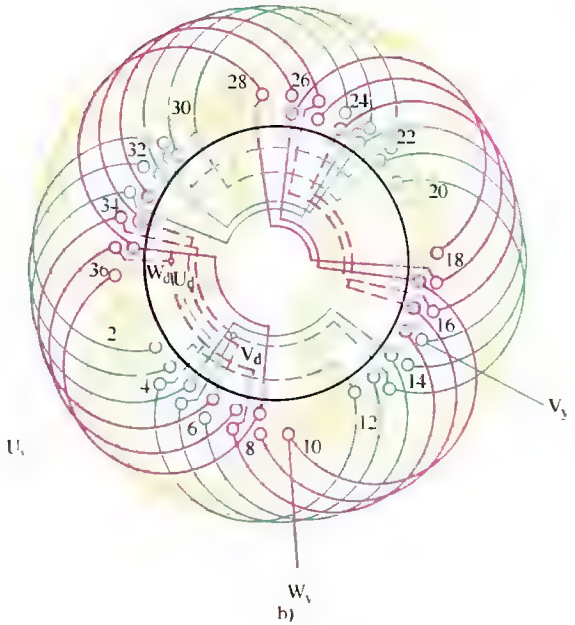


图　3.2.9

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	线圈组数	$u=24$	绕组极距	$\tau=9$
电机极数	$2p=4$	每组圈数	$S_y=1\frac{1}{2}$	线圈节距	$y_d=8$
总线圈数	$Q=36$		$S_d=1\frac{1}{2}$		$y_y=8$
Y线圈数	$Q_y=18$	极相槽数	$q=3$	节距系数	$K_p=0.985$
△线圈数	$Q_d=18$	Y极相槽	$q_y=1\frac{1}{2}$	并联路数	$a_y=a_d=1$
		△极相槽	$q_d=1\frac{1}{2}$	每槽电角	$\alpha=20°$

2. 绕组特点　本绕组是双层叠式显极布线，每极相槽数为奇数($q=3$)，改绕正弦绕组后，两套绕组极相占槽为分数，线圈组为不等圈安排，即每相为单双圈轮换分布，使两套绕组的线圈数目相等。但每一极距范围内两套绕组共占 3 槽，本例采用第 1 极下角形占 2 槽，星形占 1 槽，第 2 极则反之，角形占 1 槽而星形占 2 槽，余者类推。

3. 嵌线方法　本例嵌线与普通三相电动机双叠绕组相同，且两套绕组都由单双圈组成，且两套绕组的线圈匝数及线规不同，嵌线时要严格区分，按图交替嵌入。

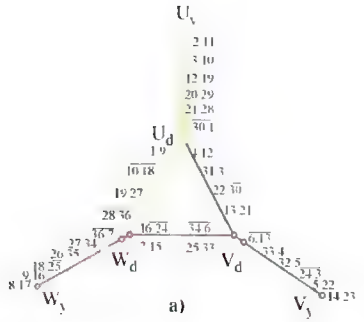
4. 接线要点　因系显极布线，一路串联的同相相邻线圈组必须反向串联，即“尾与尾”或“头与头”相接。操作上先将角形部分逐相接好后连结成三角形，并标记 U_d、V_d、W_d；再将星形逐相接好后，将相头 U_y、V_y、W_y 引至接线盒，而相尾则分别对应相别与 U_d、V_d、W_d 连结。

5. 改绕计算　正弦绕组基本参数 N_y、N_d 及 S_y、S_d 由表 3.2 公式计算。线圈匝数由下式确定：

星形线圈匝数　$W_y=N_y/2$

角形线圈匝数　$W_d=N_d/2$

3.2.10　36槽4极(单双层)内角星形正弦绕组



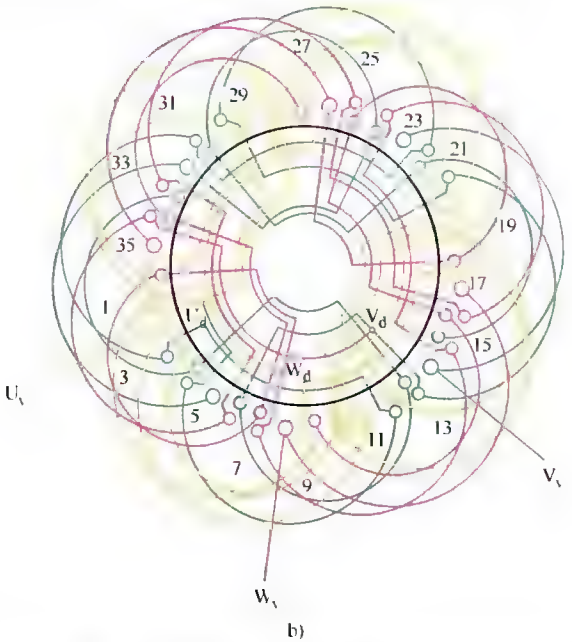


图　3.2.10

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	线圈组数	$u=24$	绕组极距	$\tau=6$
电机极数	$2p=4$	每组圈数	$S_y=1\frac{1}{2}$线圈	节距	$y_d=1\quad 9$
			$S_d=1$		$y_y=2-11、3\quad 10$
总线圈数	$Q=30$	极相槽数	$q=3$	节距系数	$K_p=0.985$
Y线圈数	$Q_y=18$	Y极相槽	$q_y=1\frac{1}{2}$	并联路数	$a_y=a_d=1$
△线圈数	$Q_d=12$	△极相槽	$q_d=1$	每槽电角	$\alpha=20^\circ$

2. 绕组特点　绕组是显极式单双层混合布线，因每极相槽数为奇数，两套绕组用不同型式安排。角形部分是单层链式，每组只有1只线圈；星形部分是每极相多占1.2槽，故采用单双圈轮换安排而构成单层同心交叉式绕组。为使电动机获得较好的运行性能，使槽电势沿定子圆周呈正弦规律分布，星形和角形线圈的匝比应为 $W_{y1}:W_{y2}:W_d=1:0.34:1.185$。此外，角形绕组只有一种规格线圈；星形的同心线圈组二线圈的匝数也不相同，绕制线圈时应予注意，而单圈与同心小线圈的匝数和尺寸相同。

3. 嵌线方法　绕组采用分层交叠嵌线，先嵌角形部分，吊边数为2，完成后再嵌星形部分，吊边数为3。

4. 接线要点　本例为一路串联显极绕组，同相相邻线圈组的极性必须相反。一般先把角形部分按常规“尾接尾”“头接头”分相接好，再连成角形，标出 U_d、V_d、W_d 相头；跟着把星形部分的三相尾端对应相别接到 U_d、V_d、W_d，最后把三相头端 U_y、V_y、W 引出。

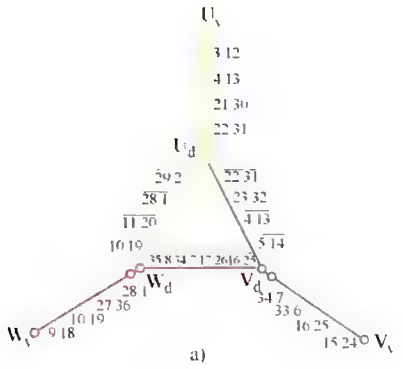
5. 改绕计算　正弦绕组基本参数 N 及 S_y、S_d 根据表3.2公式求出，而 q=奇数，为改善电机性能，使线圈匝数也按正弦规律分布，则各线圈匝数确定如下：

星形　单层线圈匝数　$W_y=N$

双层线圈匝数　$W_y=0.347W_{y1}$

角形　线圈匝数　$W_d=1.185W$

3.2.11　36槽4极(单双层庶极)内角星形正弦绕组



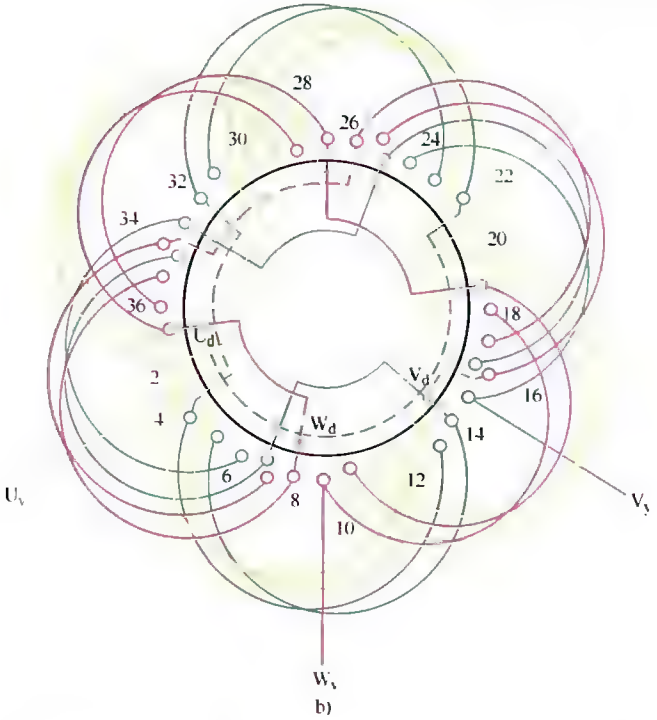


图　3.2.11

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	线圈组数	$u=12$	绕组极距	$\tau=9$
电机极数	$2p=4$	每组圈数	$S_y=2$	线圈节距	$y_d=9$　$y_y=9$
总线圈数	$Q=21$	极相槽数	$q=3$	节距系数	$K_p=1$
Y线圈数	$Q_y=12$	Y极相槽	$q_y=1\frac{1}{2}$	并联路数	$a_y=a_d=1$
△线圈数	$Q_d=12$	△极相槽	$q_d=1\frac{1}{2}$	每槽电角	$\alpha=20°$

2. 绕组特点　本例系单双层庶极布线，两套绕组每相均由两组交叠线圈串接而成，每组则由一大(单层)、一小(双层)线圈组成。此绕组端部交叠层次较多，但线圈数少，且分层嵌线时仅吊2边，故嵌线和接线都较方便。

3. 嵌线方法　本例采用分层交叠嵌线，吊边数只有2。嵌线前应将同尺寸的四种不同参数的线圈分别放好，不得混淆。嵌线时先嵌角形部分，完成后再嵌星形部分于面层。

4. 接线要点　由于两套绕组进线在同一极距内，即 U_y 从槽3引出，则 U_d 在同一极下的槽2进线，因此，当星形绕组反时针方向走线时，角形绕组则顺时向走线，使同一极相槽内的电流方向相同，两套线圈端部电流方向则相反；但每套绕组同相相邻线圈间采用顺向串联，即"头与尾"或"尾与头"相接。接线时先接好角形部分，然后逐相连接星形部分，最后把三相尾端对应相别接到 U_d、V_d、W_d，如图a所示。

5. 改绕计算　改绕正弦绕组基本参数由表3.2进行计算，各线圈匝数由下式确定：

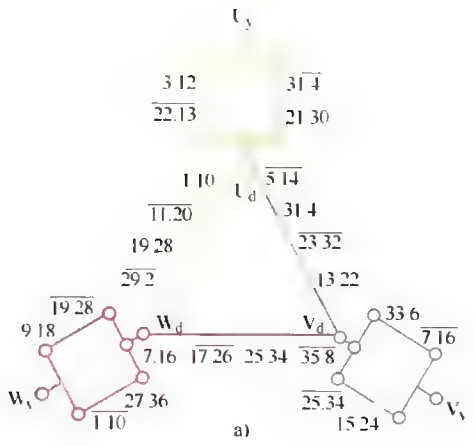
星形　单层线圈匝数　$W_{y1}=N_y$

双层线圈匝数　$W_{y2}=N_y\cdot 2$

角形　单层线圈匝数　$W_{d1}=N_d$

双层线圈匝数　$W_{d2}=N_d\cdot 2$

3.2.12　36槽4极($a_s \neq a_d$，单双层全距)内角星形正弦绕组



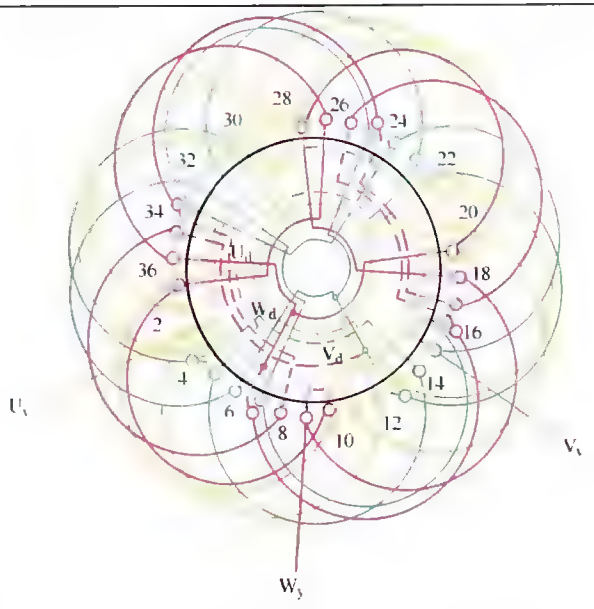


图　3.2.12

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	线圈组数	$u=24$	绕组极距	$\tau=9$
电机极数	$2p=4$	每组圈数	$S_s=1$　$S_d=1$	线圈节距	$y_d=9$　$y_s=9$
总线圈数	$Q=24$	极相槽数	$q=3$	节距系数	$K_p=1$
Y线圈数	$Q_s=12$	Y极相槽	$q_s=1\frac{1}{2}$	并联路数	$a_s=2$　$a_d=1$
△线圈数	$Q_d=12$	△极相槽	$q_d=1\frac{1}{2}$	每槽电角	$\alpha=20°$

2. 绕组特点　本例为两套绕组并联支路数不相等的范例之一，而且采用新颖的显极布线型式。两套绕组占槽比相等，每线圈为一组，每相由4只线圈构成，线圈数比双层绕组少12只；线圈采用全节距，但依然具有削减高次谐波的能力。本绕组嵌线方便，分层嵌线时吊边数仅为2，但绕组端部有局部三重叠，绕组端部整形和绝缘较困难。

3. 嵌线方法　两套绕组分别由两种不同参数但尺寸相同的单层和双层线圈组成。嵌线前要严格区别4种线圈，切勿错乱。嵌线采用分层交叠嵌法，先嵌角形绕组，完成后再嵌星形部分于面层。

4. 接线要点　本例为显极布线，故应使同相相邻线圈极性相反。接线时先将下层线圈按常规接成一路角形，并标记三角顶点 U_d、V_d、W_d；再把上层线圈逐相反向走线接成二路并联，然后将三相尾端对应相别接到 U_d、V_d、W_d，如图a所示；最后把三相头端 U_y、V_y、W_y 引至接线盒。

5. 改绕计算　根据一路串联接法的原绕组(如原绕组系多路并联则要换算到一路串联作为原始参数)，两套绕组改绕的基本参数由表3.2计算。各线圈匝数及导线截面积由下式计算：

星形　单层线圈匝数　$W_{y1}=2N$

双层线圈匝数　$W_{y2}=N_y$

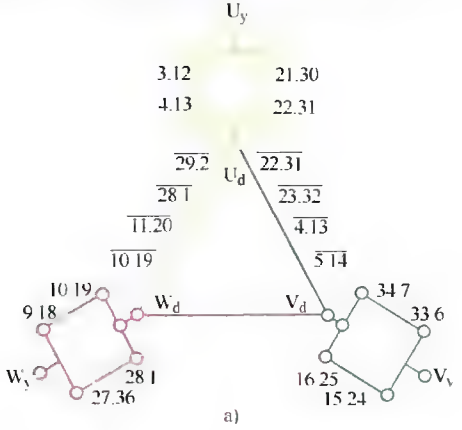
导线截面积　$S_y=S'_y/2$

角形　单层线圈匝数　$W_{d1}=N_d$

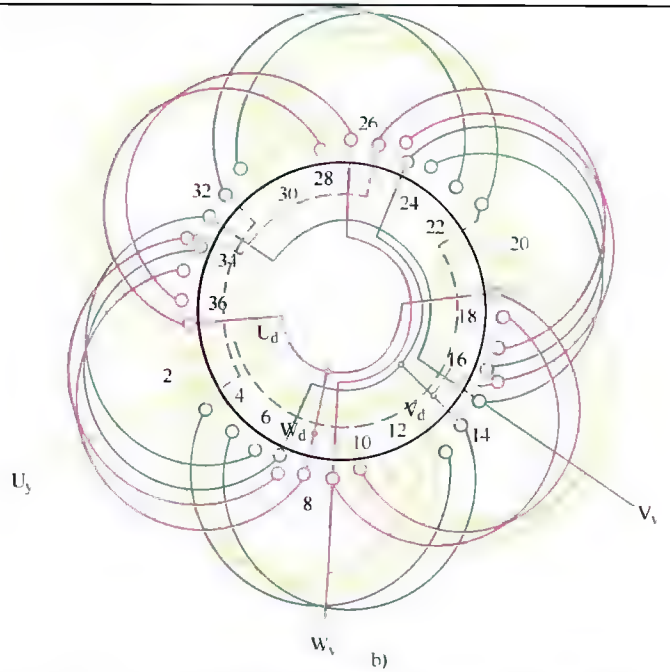
双层线圈匝数　$W_{d2}=N_d/2$

导线截面积　$S_d=S'_d$

3.2.13　36槽4极($a_y \neq a_d$.单双层庶极)内角星形正弦绕组



a)



b)

图　3.2.13

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	线圈组数	$u=12$	绕组极距	$\tau=9$
电机极数	$2p=4$	每组圈数	$S_y=2$	线圈节距	$y_d=9$
总线圈数	$Q=24$		$S_d=2$		$y_y=9$
Y线圈数	$Q_y=12$	极相槽数	$q=3$	节距系数	$K_p=1$
△线圈数	$Q_d=12$	Y极相槽	$q_y=1\frac{1}{2}$	并联路数	$a_y=2$　$a_d=1$
		△极相槽	$q_d=1\frac{1}{2}$	每槽电角	$\alpha=20°$

2. 绕组特点　本例采用单双层庶极布线，但两套绕组支路数不同，角形部分系一路串联接线；星形部分为二路并联。绕组分别由两套单层庶极交叠线圈构成，每相有两线圈组，每组由大小两只交叠线圈组成。端部有三重叠，但线圈组数少，嵌线和接线均方便。

3. 嵌线方法　采用分层交叠嵌线，先嵌角形部分线圈，后嵌星形线圈。因两套绕组均由相同尺寸而不同参数的单双层线圈组构成，嵌线时要严格区分，不得混淆。

4. 接线要点　因正弦绕组两套绕组进线(相头)要在同一极距内，故本绕组走线方向与往不同，即角形部分从±2槽开始，顺时向连接，并使同相两组线圈电流方向(极性)相同，三相接成一路角形，标出三相相头 U_d、V_d、W_d；星形部分系二路并联，逐相按庶极规律接好后，将三相尾端分相对应接到 U_d、V_d、W_d，而相头 U_y、V_y、W_y 引至接线盒。

5. 改绕计算　根据一路串联的原绕组(如非一路串联绕组应先将其换算到一路串联参数后再作改绕)，两套绕组改绕正弦绕组的基本参数由表3.2进行计算。各线圈改绕参数由下式确定：

星形　单层线圈匝数　$W'_y=2N$

双层线圈匝数　$W'_y=N$

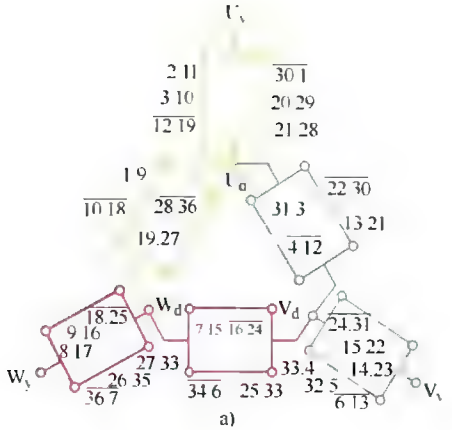
导线截面积　$S'_y=S'_d/2$

角形　单层线圈匝数　$W'_d=N_y$

双层线圈匝数　$W'_d=N_y/2$

导线截面积　$S'_d=S'_d$

3.2.14　36槽4极(a=2,单双层)内角星形正弦绕组



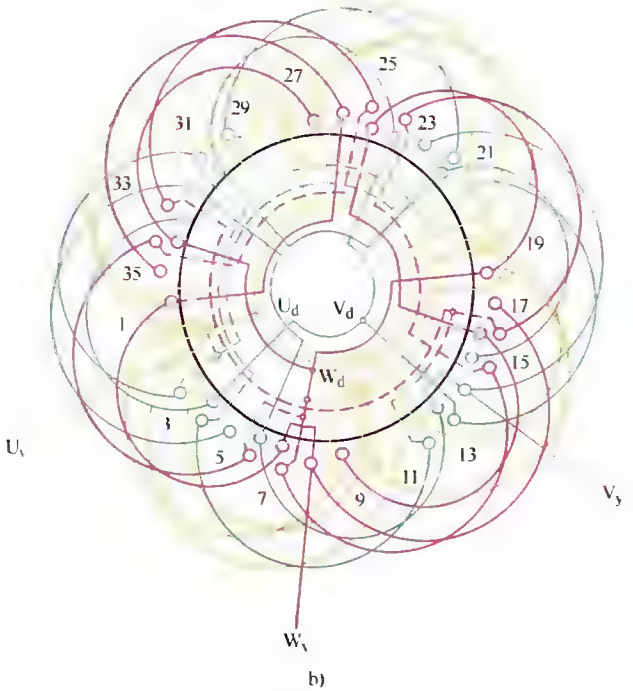


图　3.2.14

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	线圈组数	$u=21$	绕组极距	$\tau=9$
电机极数	$2p=4$	每组圈数	$S_y=1\frac{1}{2}$线圈节距		$y_d=1-9$
总线圈数	$Q=30$		$S_1=1$		$y_y=2-11$、$3-10$
Y线圈数	$Q_y=18$	极相槽数	$q=3$	节距系数	$K_y=0.985$
△线圈数	$Q_d=12$	Y极相槽	$q_y=1\frac{1}{2}$	并联路数	$a_y=a_d=2$
		△极相槽	$q_d=1$	每槽电角	$\alpha=20°$

2. 绕组特点　本例绕组系二路并联，采用单双层显极式布线，角形和星形两套绕组分别由单层链式和单层同心交叉式混合构成。因此，角形部分每相由4只单圈组成；星形则由单圈和同心双圈组成。两套绕组线圈匝数采用正弦规律分布，以获得更理想的运行性能。由于线圈尺寸和数据不同，绕线和嵌线应予注意。

3. 嵌线方法　绕组除同心双圈组的线圈匝数不等外，还有两种不同数据的单圈组，嵌线时应严格区分，按图嵌入。嵌线采用分层交叠嵌线，先嵌角形部分，后嵌星形部分

4. 接线要点　本例为显极布线，同相相邻线圈组极性均要相反。二路并联采用短跳接法，即进线后反方向走线，逐相连接。操作时先将角形部分的三相绕组按常规接成角形，标出U_d、V_d、W_d后再接星形部分，将三相进线U_y、V_y、W_y引出，其相尾分相对应接到U_d、V_d、W_d，如图a所示

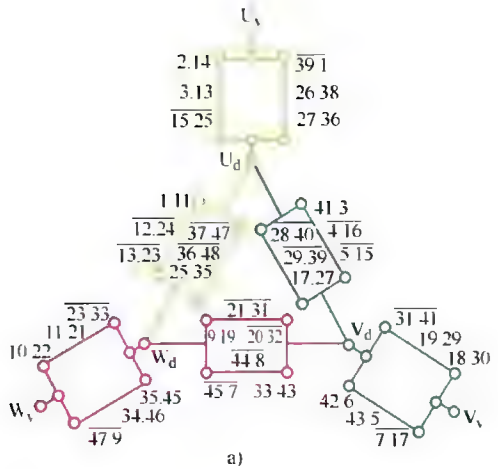
5. 改绕计算　改绕电动机为二路并联时，正弦绕组基本参数N_y、S_y、S_d由表3.2公式计算。而q=奇数，拟将各线圈匝数按正弦规律分布，则改绕线圈匝数由下式确定：

星形　单层线圈匝数　$W_{y1}=N_y$

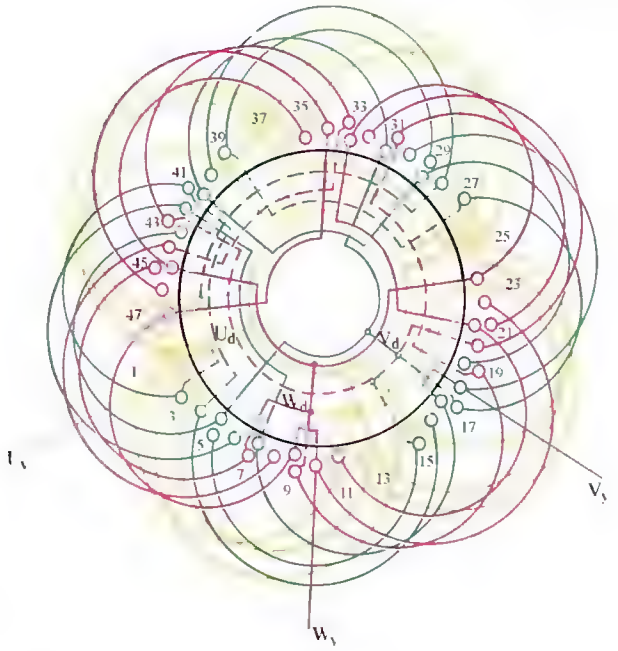
双层线圈匝数　$W_{y2}=0.317W$

角形　双层线圈匝数　$W_d=1.185W_{y1}$

3.2.15　48槽4极(a=2,单双层同心交叉式)内角星形正弦绕组



a)



b)

图　3.2.15

1. 绕组参数

定子槽数	Z=48	线圈组数	u=24	绕组极距	τ=12
电机极数	$2p$=4	每组圈数	S_y=1½线圈节距		y_d=1—11
			S_d=1½		y_y=2—14、3—13
总线圈数	Q=36	极相槽数	q=4	节距系数	K_p=0.991
Y线圈数	Q_y=18	Y极相槽	q_y=2	并联路数	$a_y=a_d$=2
△线圈数	Q_d=18	△极相槽	q_d=2	每槽电角	α=15°

2. 绕组特点　本例为显极式单双层布线，每极每相槽数为偶数，两套绕组均用单双圈同心交叉式绕组构成，单双圈轮换安排。本绕组由双层叠式演变而来，总线圈数比双层布线减少12只，嵌线时吊边数仅为3，较双叠绕组减少8只，故具有嵌线方便，节省工时等特点。接线为二路并联，常用于功率稍大的电动机

3. 嵌线方法　采用分层交叠嵌线，先嵌角形部分的线圈，垫好层间及端部绝缘后，再嵌星形部分的线圈于面层

4. 接线要点　先接角形部分，后接星形部分。绕组为显极布线二路并联，每相进线后分路短跳逆向走线，使同相相邻线圈组的极性相反。操作时角形部分按常规接好，标示相头 U_d、V_d、W_d；在进线同极距中引出星形部分的三相引出线 U_y、V_y、W_y，逐相连接后，将相尾分相对应接到 U_d、V_d、W_d。

5. 改绕计算　正弦绕组基本参数 N_1、N_2、S_1、S_2 由表3.2公式算出，各线圈匝数由下式确定：

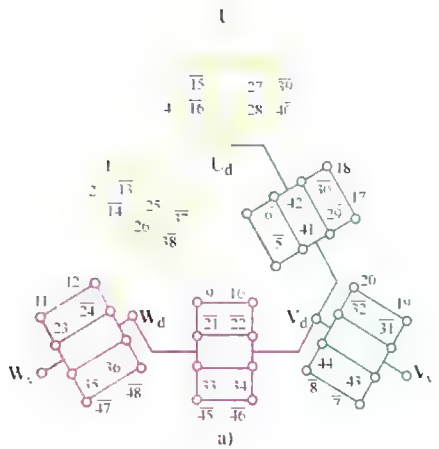
星形　单层线圈匝数　$W_{y1}=N_1$

双层线圈匝数　$W_{y2}=N_2$ 2

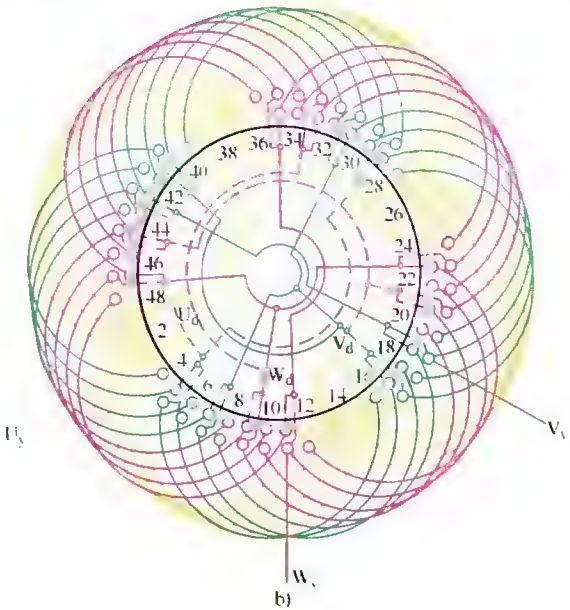
角形　单层线圈匝数　$W_{d1}=N_1$

双层线圈匝数　$W_{d2}=N_2$ 2

3.2.16　48槽4极（$y=11$，$a=4$，双层叠式）内角星形正弦绕组



a)



b)

图　3.2.16

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=48$	线圈组数	$u=24$	绕组极距	$\tau=12$
电机极数	$2p=4$	每组圈数	$S=2$	线圈节距	$y_d=11$
			$S_1=2$		$y_x=11$
总线圈数	$Q=48$	极相槽数	$q=4$	节距系数	$K_p=0.991$
Y线圈数	$Q=24$	Y极相槽	$q_x=2$	并联路数	$a_x=a_d=4$
△线圈数	$Q_1=24$	△极相槽	$q_d=2$	每槽电角	$\alpha=15°$

2. 绕组特点　48槽四路并联绕组常用于功率较大的电机，虽采用双层布线，但吊边数为11，嵌线并未显十分困难。两套绕组占槽相等，每组均由2只交叠线圈组成；线圈由同规格线模绕制，但有两种参数的线圈

3. 嵌线方法　采用双层交叠嵌线，要注意两种参数的线圈组交替轮换嵌入

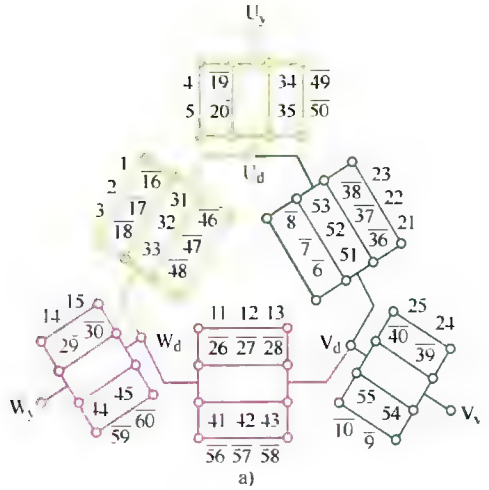
4. 接线要点　绕组是四路并联，每组线圈均要分别并接于相头或相尾，而显极式布线必须使同相相邻线圈组极性相反，因此，在同一套（角形或星形）绕组中，每相绕组在同一极下的两线圈组首尾并接后与对称极（同极性）两组首尾并联，构成一相头端，如图b所示；同样，再将四组线圈的另一端并联，作为一相的尾端，标注记号。各相接法以此类推。操作时先把星形部分束起，角形部分逐相接成四路后接成三角形，并标示头端U_d、V_d、W_d；然后再逐相接好星形部分，把三相尾端对应相别与U_d、V_d、W_d连接，如图a所示。最后引出U_x、V_x、W_x。

5. 改绕计算　正弦绕组四路并联根据表3.2算出基本参数，如原绕组非四路并联则要将其换算到四路并联才能采用本例改绕，线圈匝数由下式确定：

星形线圈匝数　$W_x=N_x/2$

角形线圈匝数　$W_d=N_x/2$

3.2.17　60槽4极($y=14$.$a=4$.双层叠式)内角星形正弦绕组



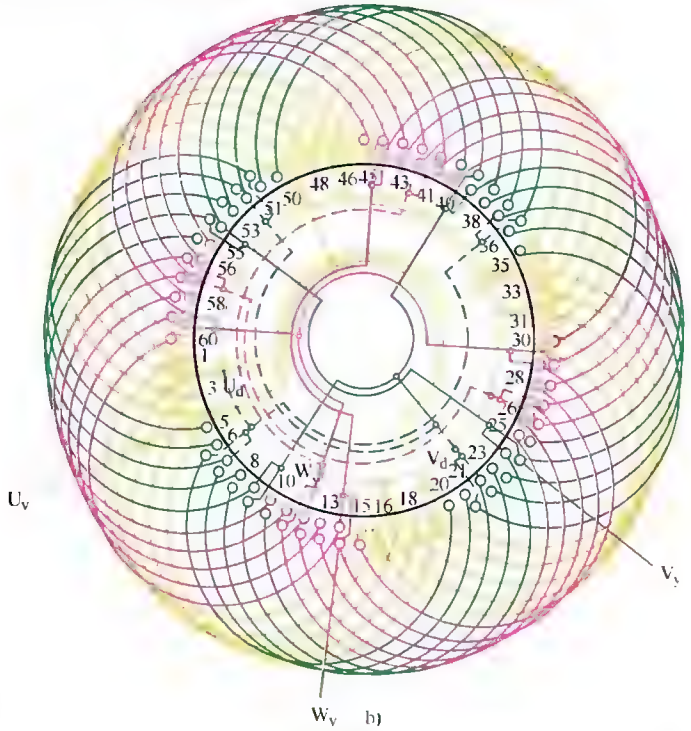


图　3.2.17

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=60$	线圈组数	$u=24$	绕组极距	$\tau=15$
电机极数	$2p=4$	每组圈数	$S_y=2$	线圈节距	$y_d=14$
总线圈数	$Q=60$		$S_y=3$		$y_y=14$
Y线圈数	$Q=24$	极相槽数	$q=5$	节距系数	$K_p=0.995$
△线圈数	$Q=36$	Y极相槽	$q_y=2$	并联路数	$a_y=a_d=4$
		△极相槽	$q_d=3$	每槽电角	$\alpha=12^\circ$

2. 绕组特点　本绕组为60槽定子，常用于功率大的电机，故多采用四路并联。每极相槽数为奇数($q=5$)，绕组采用不轮换排列，即 $q_y=3$、$q_d=2$。角形部分每极多占1槽。双层叠绕嵌线吊边虽多至14，但一般定子的内腔都较大，嵌线难度不算大。线圈可用同尺寸线模绕制。角形部分线圈绕制三联组；星形部分线圈绕双联组。此外，由于 $q_y>q_d$，星形部分槽满率较高，为满足嵌线工艺要求，可能会降低电机的出力。

3. 嵌线方法　绕组采用交叠嵌线。因两种数据线圈的尺寸相同，嵌线时应将三联组和双联组交替嵌入。

4. 接线要点　绕组为四路并联。先接角形部分，再接星形部分，最后将星形的三相尾端对应相别接到角形三相头。详细可参考上例接线。

5. 改绕计算　正弦绕组按原绕组四路并联改绕时，基本参数 N、N_d 及 S_y、S'_d 由表3.2公式计算，各线圈数据由下式确定：

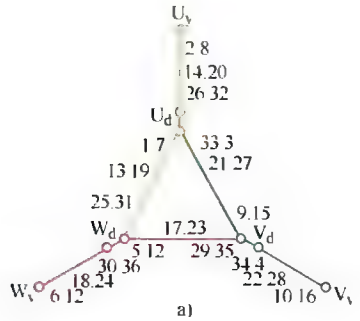
星形　线圈匝数　$W_y=0.625N$

导线截面积 $S_y=0.8S'$

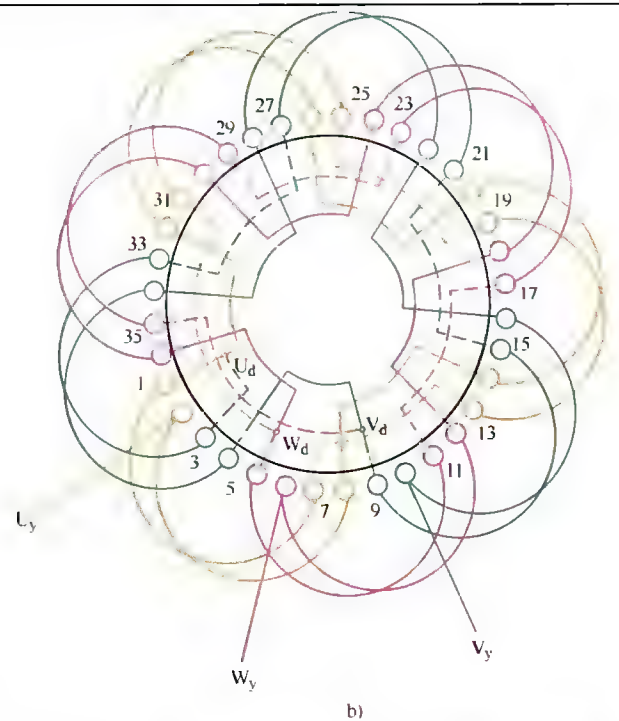
角形　线圈匝数　$W_d=0.417N$

导线截面积 $S_d=1.2S'$

3.2.18　36槽6极(单层庶极链式)内角星形正弦绕组



a)



b)

图　3.2.18

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=36$	线圈组数	$u=36$	绕组极距	$\tau=6$
电机极数	$2p=6$	每组圈数	$S_y=1$	线圈节距	$y_d=1-7$
总线圈数	$Q=18$		$S_d=1$		$y_y=2-8$
Y线圈数	$Q_y=9$	极相槽数	$q=2$	节距系数	$K_p=1$
△线圈数	$Q_d=9$	Y极相槽	$q_y=1$	并联路数	$a_y=a_d=1$
		△极相槽	$q_d=1$	每槽电角	$\alpha=30^\circ$

2. 绕组特点　本例系单层庶极式布线，两套绕组均由单层庶极链式构成。两套绕组安排互差30°电角，每组1只线圈，每相六极仅用3只线圈，是线圈数少、嵌线方便的小容量电动机绕组。

3. 嵌线方法　采用分层交叠嵌线，即先嵌角形部分线圈于相应槽，垫好绝缘后再嵌入星形部分线圈。全部线圈用同一规格线模绕制，嵌线前应严格区分不同参数的线圈，以免混淆造成错嵌。

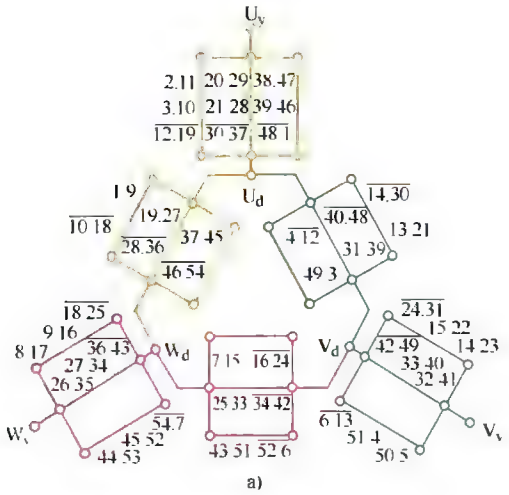
4. 接线要点　绕组是庶极布线，一套绕组的同相相邻线圈(组)极性必须相同，组间连接应是"尾与头"或"头与尾"顺接串联，即整台电机全部线圈电流方向一致。接线时先将角形部分逐相接好后按常规连接为三角形，标示三相头端 U_1、V_1、W_1；再把星形部分逐相连接，然后将三相尾端对应相别接到 U_d、V_d、W_d，最后引出 U_y、V_y、W_y 到接线盒。

5. 改绕计算　正弦绕组改绕基本参数由表3.2公式计算，线圈匝数由下式确定：

星形线圈匝数　$W_y=N$

角形线圈匝数　$W_d=N_d$

3.2.19　54槽6极($a=3$,单双层)内角星形正弦绕组



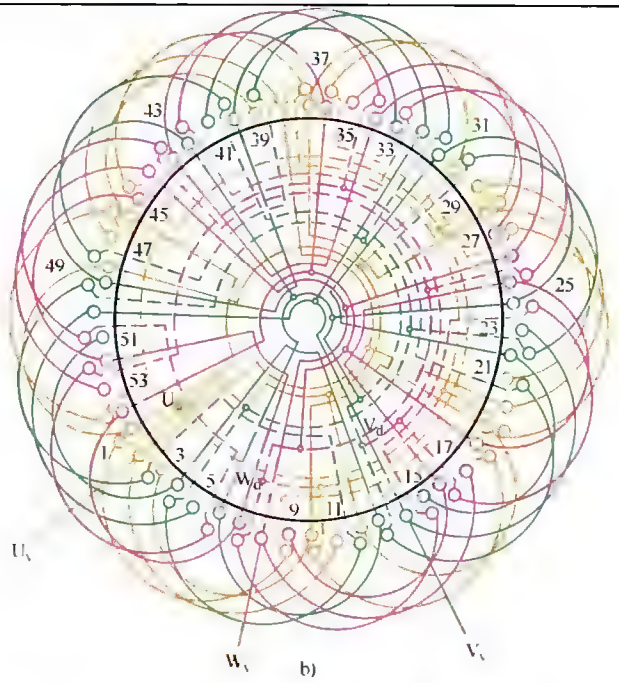


图　3.2.19

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=54$	线圈组数	$u=36$	绕组极距	$\tau=9$
电机极数	$2p=6$	每组圈数	$S_s=1\frac{1}{2}$	线圈节距	$y_d=1-9$ $y_y=2-11$、3—10、12—19
总线圈数	$Q=45$		$S_d=1$		
Y线圈数	$Q_y=27$	极相槽数	$q=3$	节距系数	$K_p=0.985$
△线圈数	$Q_d=18$	Y极相槽	$q_y=2$	并联路数	$a_y=a_d=3$
		△极相槽	$q_d=1$	每槽电角	$\alpha=20°$

2. 绕组特点　本绕组为单双层显极布线，常用于容量较大的电动机。每极相槽数为奇数($q=3$)，两套绕组占槽不相等，绕组匝数采用正弦规律分布。角形部分由每组1只半槽线圈构成单层链式绕组；星形部分则用单、双圈构成单层同心交叉式绕组，其中同心小线圈和单圈是不同尺寸，但数据相同的双层线圈、同心大线圈则为单层线圈。本绕组极数较多，接线较繁

3. 嵌线方法　绕组采用分层嵌线，先嵌角形部分，完成后再嵌星形部分

4. 接线要点　本例为显极布线，三路并联，角形绕组每支路由2只单圈组组成；星形则由一同心双联组和单圈组组成，每相接法均采用短跳连接，每支路两组反向串联，使同相相邻线圈组的极性相反。接线时先接角形部分，每相接成三路并联后再接成角形，并标注三相头端U_d、V_d、W_d。随后将星形部分逐相也接成三路并联，相头U_y、V_y、W_y引出接线盒，三相尾分相对应并接于U_d、V_d、W_d，如图a所示

5. 改绕计算　改绕正弦绕组由表3.2算出星形部分每槽导线数N_y、导线截面积S_y及角形部分导线截面积S_d，线圈匝数由下式确定：

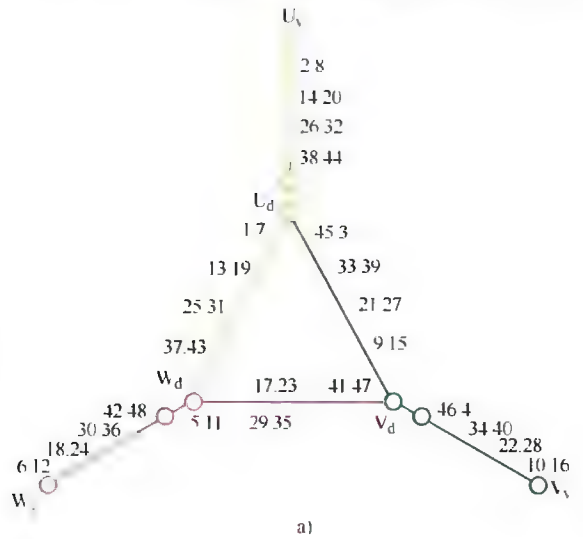
星形　同心单层线圈匝数　$W_{y1}=N_y$

同心双层线圈匝数　$W_{y2}=0.347N_y$

双层单线圈匝数　$W_{y3}=0.347N_y$

角形　双层线圈匝数　$W_d=1.185N_d$

3.2.20　48槽8极(单层庶极链式)内角星形正弦绕组



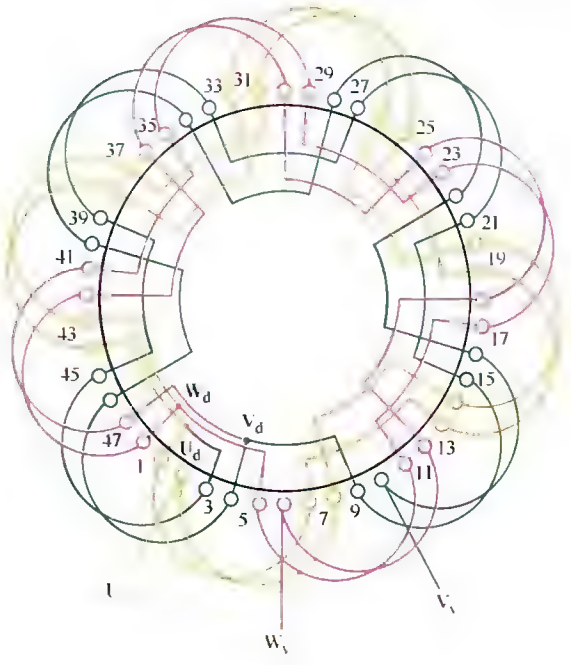


图　3.2.20

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=48$	线圈组数	$u=24$	绕组极距	$\tau=6$
电机极数	$2p=8$	每组圈数	$S_y=1$	线圈节距	$y_d=1-7$
			$S_d=1$		$y_y=2-8$
总线圈数	$Q=24$	极相槽数	$q=2$	节距系数	$K_p=1$
Y线圈数	$Q_y=12$	Y极相槽	$q_y=1$	并联路数	$a_y=a_d=1$
△线圈数	$Q_d=12$	△极相槽	$q_d=1$	每槽电角	$\alpha=30°$

2. 绕组特点　两套绕组均采用相同的单层庶极布线，八极电机每套绕组一相仅用4只线圈，总线圈数比双叠绕组少一半；嵌线仅吊1边，工艺简易省时。

3. 嵌线方法　采用分层交叠嵌线，先将角形部分线圈嵌于相应槽内，完成后垫好端部绝缘，再嵌星形部分线圈于相应槽

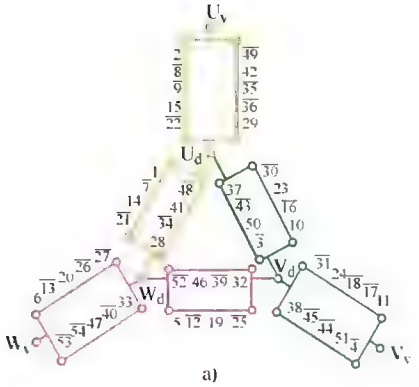
4. 接线要点　接线前将线圈引线整理顺直，暂把星形部分线头扳向定子中心束起，逐相连接角形部分线圈(组)，但同相相邻线圈要顺向串联，使全部线圈极性方向相同，然后将三相绕组连接成角形，并标示三相头端 U_d、V_d、W_d；同理，逐相连接星形部分线圈(组)，完成后把三相尾端对应相别并接到 U_d、V_d、W_d，如图a所示　最后将三相头端 U_y、V_y、W_y 引出至接线盒。

5. 改绕计算　一路串联绕组改绕正弦绕组的基本参数由表3.2公式计算，线圈匝数由下式确定：

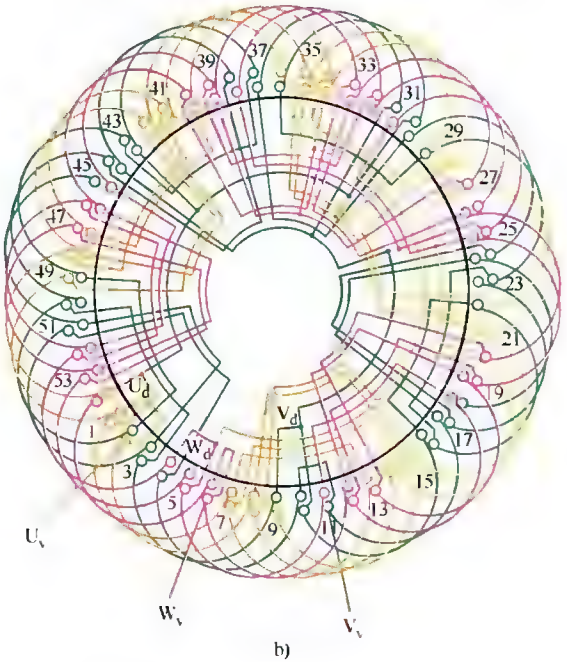
星形线圈匝数　$W_y=N$

角形线圈匝数　$W_d=N_d$

3.2.21　54槽8极(y=6,a=2,双层叠式)内角星形正弦绕组



a)



b)

图　3.2.21

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=54$	线圈组数	$u=48$	绕组极距	$\tau=6\frac{3}{4}$
电机极数	$2p=8$	每组圈数	$S_y=1\frac{1}{4}$	线圈节距	$y_d=1-4$
总线圈数	$Q=54$		$S_d=1$		$y_y=2-8$
Y线圈数	$Q_y=30$	极相槽数	$q=2\frac{1}{4}$	节距系数	$K_p=0.985$
△线圈数	$Q_d=24$	Y极相槽	$q_y=1\frac{1}{4}$	并联路数	$a_y=a_d=2$
		△极相槽	$q_d=1$	每槽电角	$\alpha=26°40'$

2. 绕组特点　本例绕组为二路并联，双层叠式显极布线，常用于中等容量电动机。由于每极相槽数和每槽电角度均为分数，三相进线无法满足相距120°电角的要求，但对运行不致产生明显影响。此外，两套绕组占槽不等，即在每极距内的星形部分比角形多占1-4槽，为此，角形部分每只线圈为1组，而星形部分则采用分数线圈安排，每4组增加1只线圈，从而使每相中的八极绕组由8只单圈组和2只双圈组构成

3. 嵌线方法　嵌线采用交叠法

4. 接线要点　绕组是显极布线，进线后分二路按顺时针和反时针两方向走线，要求同相相邻线圈组极性相反，即“尾与尾”或“头与头”相接。操作时先将支路接好，再把同相两支路的同极性端并接成一相绕组，逐相接好后把角形部分按常规接成角形，并标示相头 U_d、V_d、W_d；同理，逐相接好星形部分，将三相尾对应相别并接到 U_d、V_d、W_d，最后把相头 U_y、V_y、W_y 引出

5. 改绕计算　正弦绕组基本参数 N_y、N_d 和 S'_y、S'_d 由表3.2计算。本例 $q_y\neq q_d$，线圈参数由下式确定：

星形　线圈匝数　$W_y=0.15N$

导线截面积 $S_y=0.625S'$

角形　线圈匝数　$W_d=0.563N$

导线截面积 $S_d=0.889S'_d$

第 4 章　三相交流电动机(转子)波绕组

三相交流电动机转子绕组有笼型和绕线式两大类。在绕线式转子中，小型转子的绕组几乎包括定子绕组采用的所有型式，其中最常见的有单层链式、单层同心式、单层交叉式以及双层叠式等。大中型绕线式转子则主要采用波式绕组。

波式绕组是由矩形截面的铜导体拉制成型的焊形元件(半个线圈结构，但也可制成软线圈的)，分置于槽的上下层，故属双层布线。两元件之间的连接无需另设连接线，而是通过元件相互焊接连接成波浪形绕组，故称波绕组。目前实际应用有两种型式：一是旧式的双层波绕组，它有较好的电磁性能，引线在转子一端引出，由于出线较多，工艺性较差，容易产生不平衡因素；二是对称换位波绕组，它是较新的绕组型式，没有过渡连线，每相只有首、尾引出线，而且分别从转子两端引出，避免了交叉，故工艺性较好而电磁性能稍差。

波绕组端面模拟画法说明如下：

(1) 转子绕组对应于定子绕组的出线标记为：

相头：K1(U1)　L1(V1)　M1(W1)

相尾：K2(U2)　L2(V2)　M2(W2)

(2) 波绕组节距分置于转子前后两端，是连接槽内导体有效边的部分，靠近集电环者称前端；另一端为后端。

(3) 绕组表中的上、下是表示线圈有效边所处槽的上、下层次。

(4) 为清晰地表示波绕组的布线和绕行接法，三相绕组分别用黄、绿、红三色画出。

4.1　三相双层波绕组布线接线图

三相双层波绕组，实用中一般为每槽双有效边布线，但线圈可根据实际情况设计成半圈状的硬线圈或完整的多匝软线圈，而软线圈的节距应以后节距为准。三相引出线共 12 根，其中每相头、尾各一根，绕行支路连接尾线两根；相尾通过铜环连成星点。绕组绕行一周后采用短节距过渡，因此，每相有两组过渡短节距，并分布于转子前端，图中用虚线表示。

1. 绕组参数

(1) 总线圈数 Q　　双层波绕组三相总线圈数等于转子槽数。

(2) 极相组数 u　　是指构成每极相线圈组的总组数。$u=2pm$。

(3) 极相槽数 q　　每极每相占有转子铁心(用槽数表示)的宽度。

$$q=Z/2pm$$

(4) 并联路数(即并联支路数)a　　本图集全部波绕组采用一路串联，即 $a=1$。

(5) 第一节距 y_1　　线圈端部在转子后端连接两槽有效边所跨槽数，故又称后节距；是多匝软线圈制作时的节距。

(6) 第二节距 y　　在转子前(铜环)端连接两槽有效边所跨槽数，故又称前节距。

(7) 过渡节距 y_c　　波绕组绕行一周后将回到起始端成为闭合回路，为使绕行能继续，必须将此节距缩短 1 槽作为过渡节距。过渡节距位于转子前端，故又称过渡前距，图中用虚线表示。

2. 绕组排列表　　它是以表格形式来表示绕组分相绕行的线路，绕组排列表也是双层波绕组赖以正确接线的依据。

3. 嵌线方法　　双层波绕组的嵌线有两种：一是交叠嵌线，它只适用于多匝软线圈的波绕组，嵌法与双叠绕组相同。中型以上电机采用硬元件，嵌插入槽后再折弯整形，然后再依图及排列表进行连接。

4.1.1 54槽4极双层波绕组**

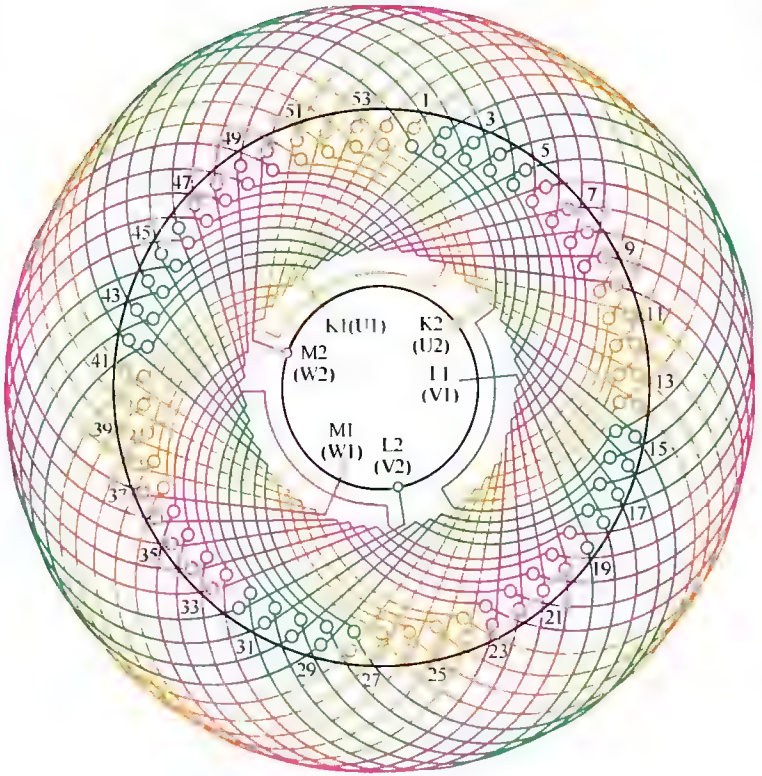


图 4.1.1

1. 绕组参数

总线圈数 Q=54　并联路数 a=1　第一节距 y_1=1—14

极相组数 u=12　第二节距 y_2=1—15　出线槽号 K1=1　L1=19

极相槽数 q=4½　过渡节距 y =1－14　M1=37　K2=14

L2=32　M2=50

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
K1—	1	—14	—28	—41	—54	—13	—27	—40	—53	—12	—26	—39—
	52	—11	—25	—38	—51	—10	—24	—37				
K2—	14	—27	—41	—54	—13	—26	—40	—53	—12	—25	—39	—52—
	11	—24	—38	—51								
L1—	19	—32	—46	5	—18	—31	—45	4	—17	—30	—44	3 —
	16	—29	—13	2	—15	—28	—42	1				
L2—	32	—45	5	—18	—31	—44	4	—17	—30	—43	3	—16—
	29	—42	2	—15								
M1—	37	—50	—10	—23	—36	—49	9	—22	—35	—48	8	—21—
	34	—47	7	—20	—33	—46	6	—19				
M2—	50	9	—23	—36	—49	8	—22	—35	—48	7	—21	—34—
	47	6	—20	—33								

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	…	50	51	52	53	54
下层槽号	1	2	3	4	5	…	50	51	52	53	54
嵌入次序	55	56	57	58	59	…	104	105	106	107	108
上层槽号	1	54	53	52	51	…	6	5	4	3	2

4. 绕组特点与应用　本例为分数槽绕组，布线时前后节距不相等，$2p$·3≠整数，三相出线对称，电气和机械对称平衡较好。每相前节距中有7只短距元件。主要应用实例有JR114-4电动机等。

4.1.2　54槽6极双层波绕组**

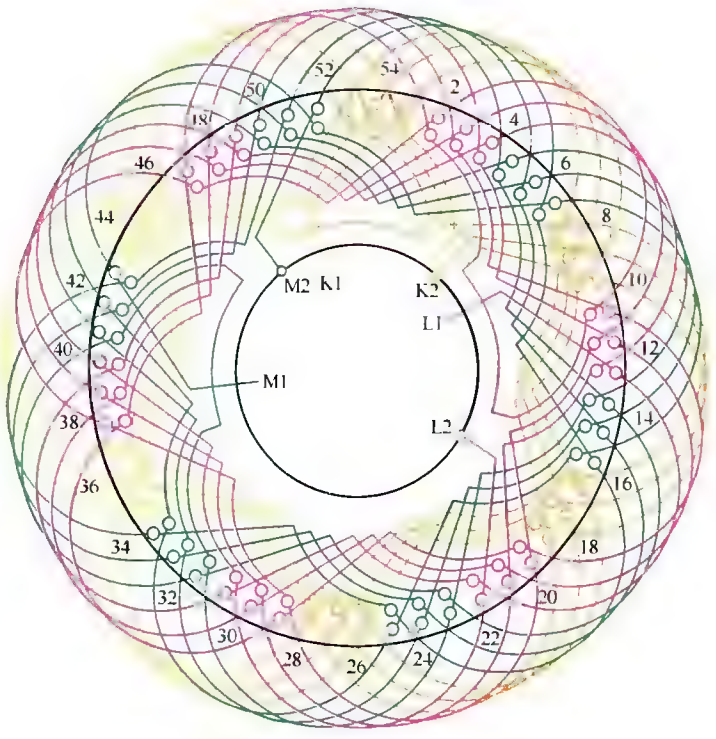


图　4.1.2

1. 绕组参数

总线圈数 $Q=54$　并联路数 $a=1$　过渡节距 $y_3=1—9$

极相组数 $u=18$　第一节距 $y_1=1—10$　出线槽号 K1=1　L1=13

极相槽数 $q=3$　第二节距 $y_2=1—10$　M1=43　K2=10

L2=22　M2=52

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
K1—	1	10	19	28	37	46	54	9	18	27	36	45
	53	8	17	26	35	44						
K2—	10	19	28	37	46	1	9	18	27	36	45	54
	8	17	26	35	44	53						
L1—	13	22	31	40	49	4	12	21	30	39	48	3
	11	20	29	38	47	2						
L2—	22	31	40	49	4	13	21	30	39	48	3	12
	20	29	38	47	2	11						
M1—	13	52	7	16	25	34	42	51	6	15	24	33
	41	50	5	14	23	32						
M2—	52	7	16	25	34	13	51	6	15	24	33	42
	50	5	14	23	32	41						

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	…	50	51	52	53	54
下层槽号	1	2	3	4	5	…	50	51	52	53	54
嵌入次序	55	56	57	58	59	…	104	105	106	107	108
上层槽号	1	54	53	52	51	…	6	5	4	3	2

4. 绕组特点与应用　本例为整数槽绕组，$2p$ 3=整数，三相出线不对称，绕组达不到机械平衡；前后节距相等，每相用4只短距元件。主要应用实例有JR117—4电动机等。

4.1.3　72槽4极双层波绕组

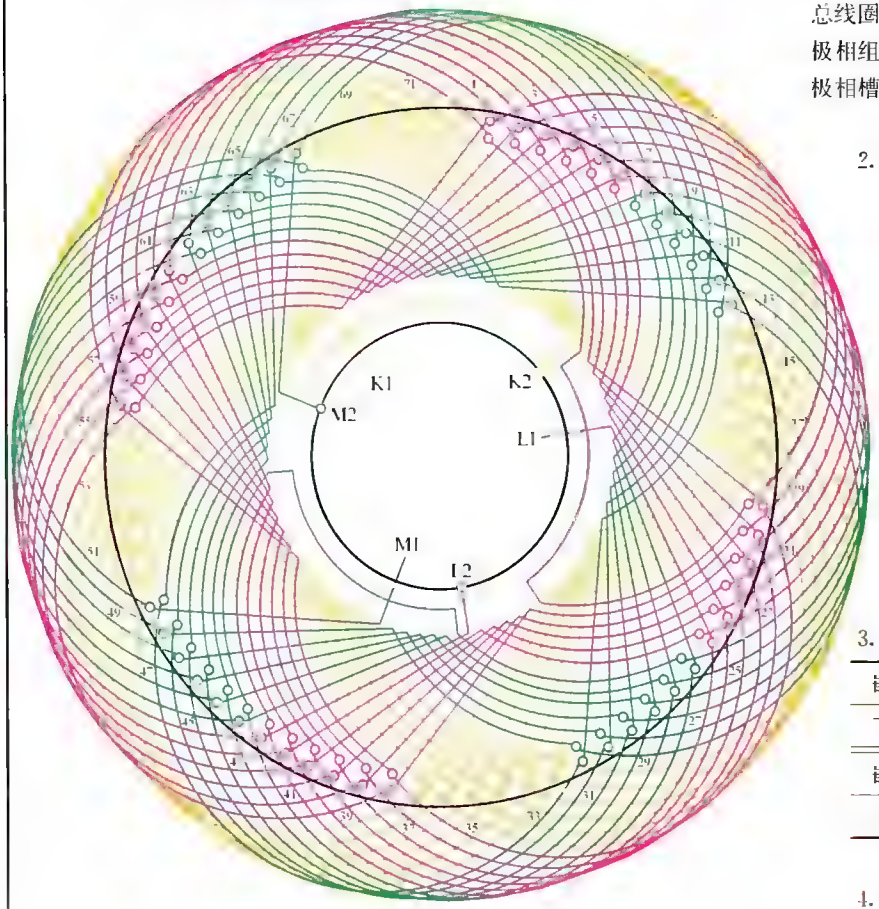


图　4.1.3

1. 绕组参数

总线圈数 $Q=72$　并联路数 $a=1$　过渡节距 $y_3=1-18$

极相组数 $u=12$　第一节距 $y_1=1-19$　出线槽号 K1=1　L1=25

极相槽数 $q=6$　第二节距 $y_2=1-19$　M1=49　K2=19

L2=43　M2=67

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
K1	1	19	37	55	72	18	36	54	71	17	35	53
	70	16	34	52	69	15	33	51	68	14	32	50
K2	19	37	55	1	18	36	54	72	17	35	53	71
	16	34	52	70	15	33	51	69	14	32	50	68
L1	25	43	61	7	24	42	60	6	23	41	59	5
	22	40	58	4	21	39	57	3	20	38	56	2
L2	43	61	7	25	42	60	6	24	41	59	5	23
	40	58	4	22	39	57	3	21	38	56	2	20
M1	49	67	13	31	48	66	12	30	47	65	11	29
	46	64	10	28	45	63	9	27	44	62	8	26
M2	67	13	31	49	66	12	30	48	65	11	29	47
	64	10	28	46	63	9	27	45	62	8	26	44

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	…	68	69	70	71	72
下层槽号	1	2	3	4	5	…	68	69	70	71	72
嵌入次序	73	74	75	76	77	…	140	141	142	143	144
上层槽号	1	72	71	70	69	…	6	5	4	3	2

4. 绕组特点与应用　本例 $2p/3=$整数，三相出线能对称安排，电气和机械对称平衡较好，前后节距相等，每相短距过渡元件数为10。主要应用实例有JR158-4电动机等

4.1.4　72槽6极双层波绕组**

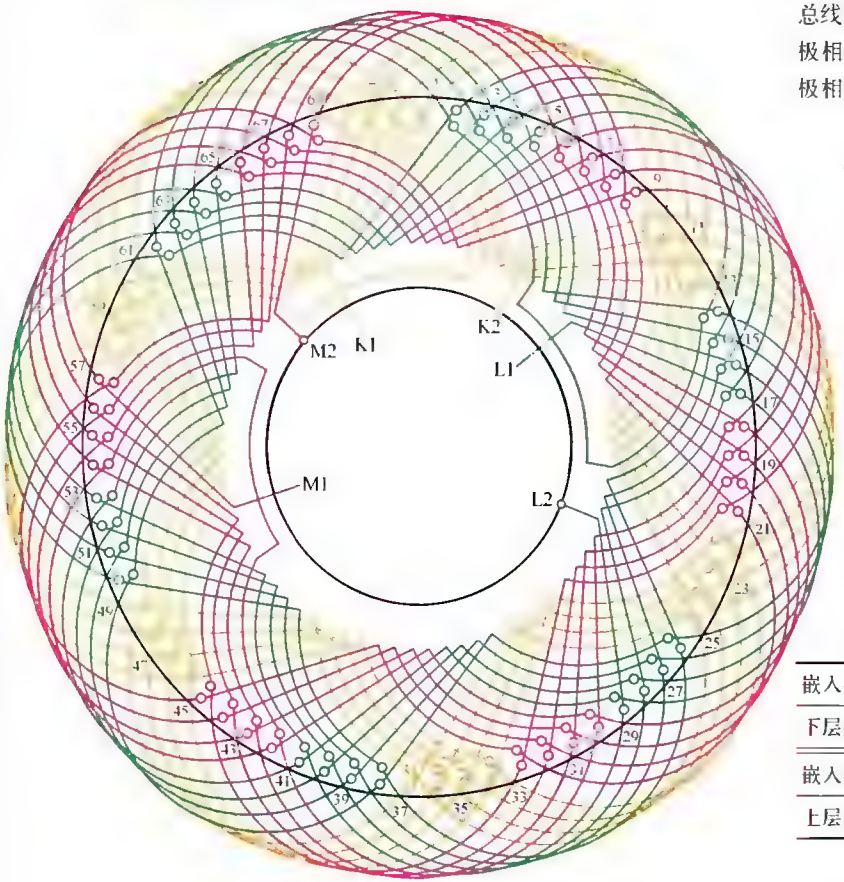


图　4.1.4

1. 绕组参数

总线圈数 $Q=72$　并联路数 $a=1$　过渡节距 $y_c=1-12$

极相组数 $u=18$　第一节距 $y_1=1-13$　出线槽号 K1=1　L1=17

极相槽数 $q=4$　第二节距 $y_2=1-13$　M1=57　K2=13

L2=29　M2=69

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
K1	1	13	25	37	49	61	72	12	24	36	48	60
	71	11	23	35	47	59	70	10	22	34	46	58
K2	13	25	37	49	61	1	12	24	36	48	60	72
	11	73	35	47	59	71	10	22	34	46	58	70
L1	17	29	41	53	65	5	16	28	40	52	64	4
	15	27	39	51	63	3	14	26	38	50	62	2
L2	29	41	53	65	5	17	28	40	52	64	4	16
	27	39	51	63	3	15	26	38	50	62	2	14
M1	57	69	9	21	33	45	56	68	8	20	32	44
	55	67	7	19	31	43	54	66	6	18	30	42
M2	69	9	21	33	45	57	68	8	20	32	44	56
	67	7	19	31	43	55	66	6	18	30	42	54

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	…	68	69	70	71	72
下层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	…	68	69	70	71	72
嵌入次序	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	…	140	141	142	143	144
上层槽号	1	72	71	70	69	68	67	66	65	64	…	6	5	4	3	2

4. 绕组特点与应用　本例 $2p$ 3=整数，三相出线无法对称安排，不能达到机械平衡；前后节距相等并采用6只短距元件。主要应用实例有JR116—4电动机等。

4.1.5　75 槽 10 极双层波绕组

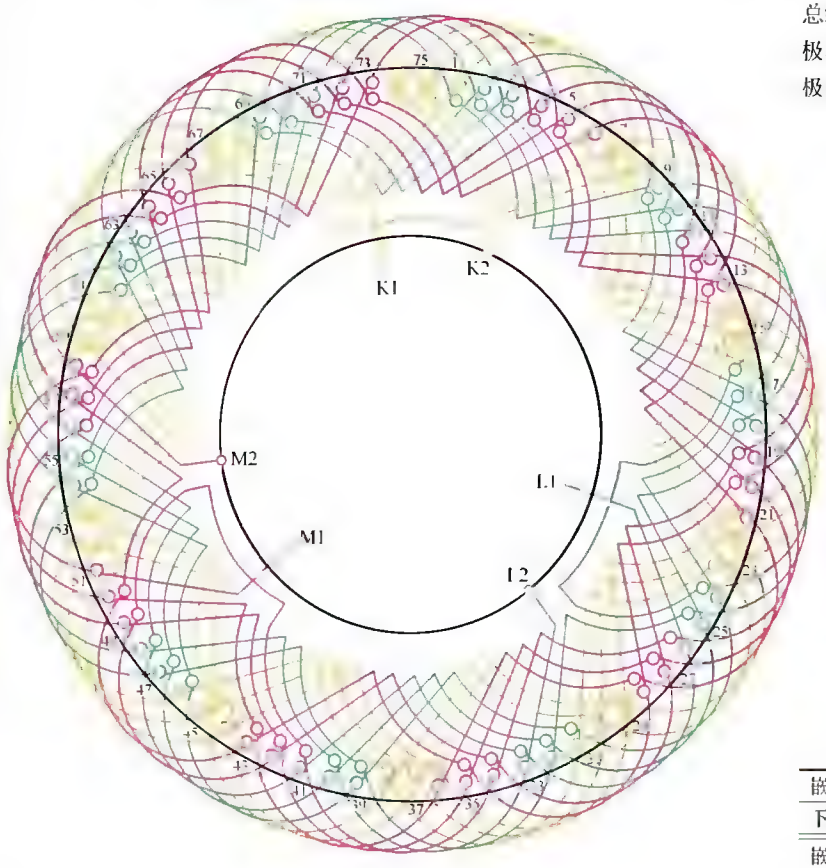


图　4.1.5

1. 绕组参数

总线圈数 $Q=75$　并联路数 $a=1$　过渡节距 $y_t=1$　8

极相组数 $u=30$　第一节距 $y_1=1$—8　出线槽号 K1=1　L1=26

极相槽数 $q=2\frac{1}{2}$　第二节距 $y_2=1$　9　M1=51　K2=8

L2=33　M2=58

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
K1—	1	8	16	23	31	38	46	53	61	68	75	7 —
	15	22	30	37	45	52	60	67	74	6	14	21
	29	36	44	51	59	66						
K2—	8	15	23	30	38	45	53	60	68	75	7	14 —
	22	29	37	44	52	59	67	74				
L1—	26	33	41	48	56	63	71	3	11	18	25	32 —
	40	47	55	62	70	2	10	17	24	31	39	46
	54	61	69	1	9	16						
L2—	33	40	48	55	63	70	3	10	18	25	32	39 —
	47	54	62	69	2	9	17	24				
M1—	51	58	66	73	6	13	21	28	36	43	50	57 —
	65	72	5	12	20	27	35	42	49	56	64	71 —
	4	11	19	26	34	41						
M2 —	58	65	73	5	13	20	28	35	43	50	57	64
	72	4	12	19	27	34	42	49				

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	…	72	73	74	75
下层槽号	1	2	3	4	5	6	7	…	72	73	74	75

嵌入次序	76	77	78	79	80	81	82	…	146	147	148	149	150
上层槽号	1	75	71	73	72	71	73	…	3	5	1	3	2

4. 绕组特点与应用　本例为分数槽绕组，前后节距采用不等距轮换布线，每相有 3 只短距线圈，$2p$ 3≠整数，三相出线可满足电气和机械对称平衡。主要应用实例有 JR115-10 等绕线转子三相异步电动机

4.1.6　81槽6极双层波绕组

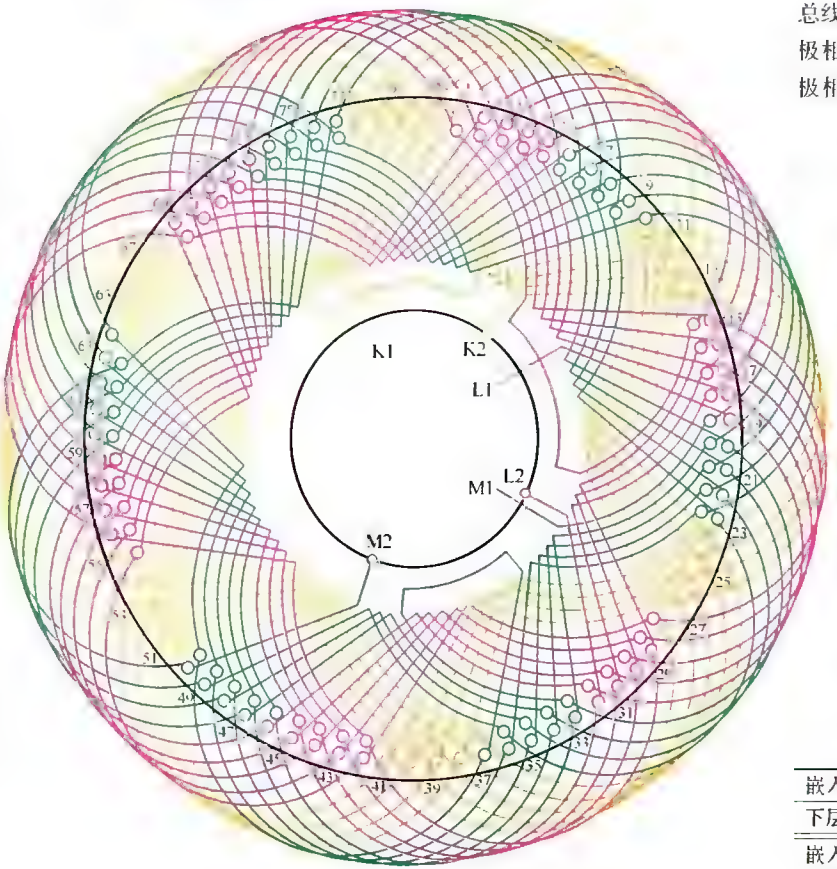


图　4.1.6

1. 绕组参数

总线圈数 Q—81　并联路数 a=1　过渡节距 y_c=1—14

极相组数 u=18　第一节距 y_1=1—11　出线槽号 K1=1　L1=19

极相槽数 q—4½　第二节距 y_2=1—15　M1=37　K2=11

L2=32　M2=50

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
K1	1	14	28	41	55	68	81	13	27	40	54	67
	80	12	26	39	53	66	79	11	25	38	52	65
	78	10	24	37	51	64						
K2	14	27	41	54	68	81	13	26	40	53	67	80
	12	25	39	52	66	79	11	24	38	51	65	78
L1	19	32	46	59	73	5	18	31	45	58	72	4
	17	30	44	57	71	3	16	29	43	56	70	2
	15	28	42	55	69	1						
L2	32	45	59	72	5	18	31	44	58	71	4	17
	30	43	57	70	3	16	29	42	56	69	2	15
M1	37	50	64	77	10	23	36	49	63	79	9	22
	35	48	62	75	8	21	34	47	61	71	7	20
	33	46	60	73	6	19						
M2	50	63	77	9	23	36	49	62	76	8	22	35
	48	61	75	7	21	34	47	60	47	6	20	33

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	…	78	79	80	81
下层槽号	1	2	3	4	5	6	7	…	78	79	80	81
嵌入次序	82	83	84	85	86	87	88	…	159	160	161	162
上层槽号	1	81	80	79	78	77	76	…	5	4	3	2

4. 绕组特点与应用　绕组系分数槽布线，前后节距采用不等距轮换，每相有7只短距元件。三相出线无法对称分布，机械平衡较差。主要应用实例有JRQ148—6等电动机。

4.1.7　84槽8极双层波绕组

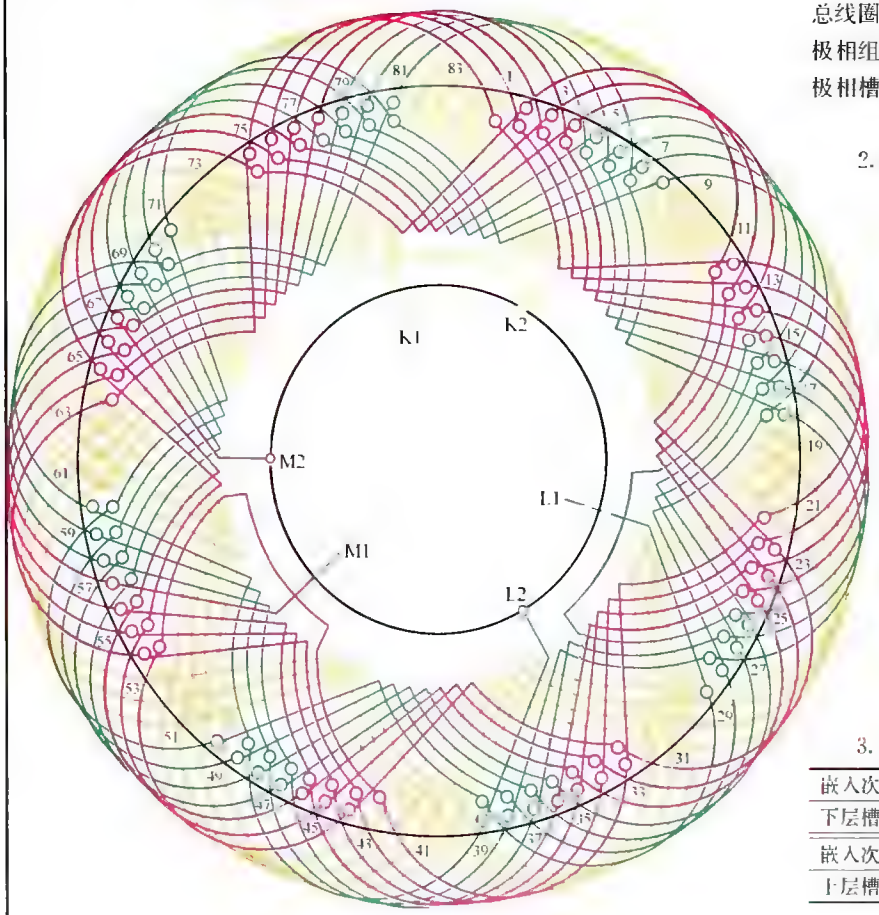


图　4.1.7

1. 绕组参数

总线圈数 $Q=84$　并联路数 $a=1$　过渡节距 $y_3=1-11$

极相组数 $u=24$　第一节距 $y_1=1-11$　出线槽号 K1=1　L1=29

极相槽数 $q=3\frac{1}{2}$　第二节距 $y_2=1-12$　M1=37　K2=11

L2=39　M2=67

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
K1	1	11	22	32	43	53	64	74	84	10	21	31
	42	52	63	73	83	9	20	30	41	51	62	72
	82	8	19	29	40	50	61	71				
K2	11	21	32	42	53	63	74	84	10	20	31	41
	52	62	73	83	9	19	30	40	51	61	72	82
L1	29	39	50	60	71	81	8	18	28	38	49	59
	70	80	7	17	27	37	48	58	69	79	6	16
	26	36	47	57	68	78	5	15				
L2	39	49	60	70	81	7	18	28	38	48	59	69
	80	6	17	27	37	46	58	68	79	5	16	26
M1	57	67	78	1	15	25	36	46	56	66	77	3
	14	24	35	45	55	65	76	2	13	23	34	44
	54	64	75	1	12	22	33	43				
M2	67	77	4	14	25	35	46	56	66	76	3	13
	24	34	45	55	65	75	2	12	23	33	44	54

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	…	81	82	83	84
下层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	…	81	82	83	84
嵌入次序	85	86	87	88	89	90	91	92	…	165	166	167	168
上层槽号	1	84	83	82	81	80	79	78	…	5	4	3	2

4. 绕组特点与应用　本例采用分数槽方案，每极相采用不等距轮换，故形成3、4线圈交替布线，每相用5只短距线圈；$2p$ 3≠整数，三相出线可达到电气和机械对称平衡。主要应用实例有JR115　8等电动机

4.1.8　90槽6极双层波绕组

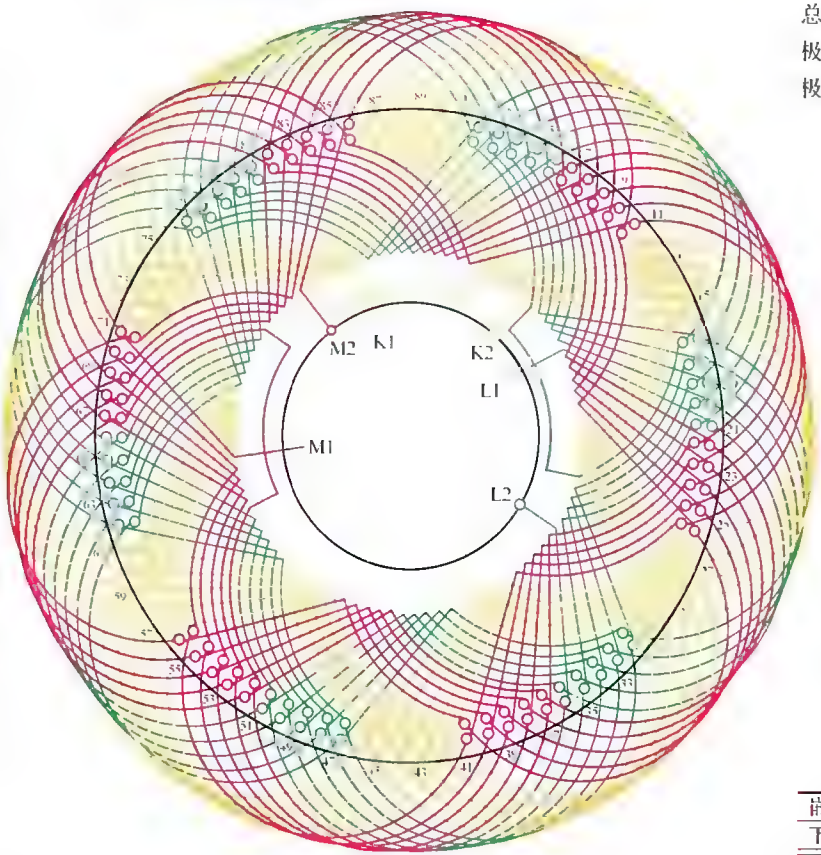


图　4.1.8

1. 绕组参数

总线圈数 $Q=90$　并联路数 $a=1$　过渡节距 $y=1-15$

极相组数 $u=18$　第一节距 $y_1=1-16$　出线槽号 K1—1　L1—21

极相槽数 $q=5$　第二节距 $y_2=1-16$　M1—71　K2—16

L2—36　M2—86

2. 绕组排列表

	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上
K1—	1	16	31	46	61	76	90	15	30	45	60	75
	89	14	29	44	59	74	88	13	28	43	58	73
	87	12	27	42	57	72						
K2—	16	31	46	61	76	1	15	30	45	60	75	90
	14	29	44	59	74	89	13	28	43	58	73	88
	12	27	42	57	72	87						
L1 —	21	36	51	66	81	6	20	35	50	65	80	5
	19	34	49	64	79	4	18	33	48	63	78	3
	17	32	47	62	77	2						
L2	36	51	66	81	6	21	35	50	65	80	5	20
	34	49	64	79	4	19	33	48	63	78	3	18
	32	47	62	77	2	17						
M1—	71	86	11	26	41	56	70	85	10	25	40	55
	69	84	9	24	39	54	68	83	8	23	38	53
	67	82	7	22	37	52						
M2—	86	11	26	41	56	71	85	10	25	40	55	70
	84	9	24	39	54	69	83	8	23	38	53	68
	82	7	22	37	52	67						

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	…	87	88	89	90
下层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	…	87	88	89	90
嵌入次序	91	92	93	94	95	96	97	98	99	…	177	178	179	180
上层槽号	1	90	89	88	87	86	85	84	83	…	5	4	3	2

4. 绕组特点与应用　绕组为整数槽方案，前后节距相等，但三相出线无法安排对称，不能满足机械平衡要求。每相前距有8只短距线圈主要应用实例有 IR136—6 等电动机

4.1.9　96 槽 8 极双层波绕组

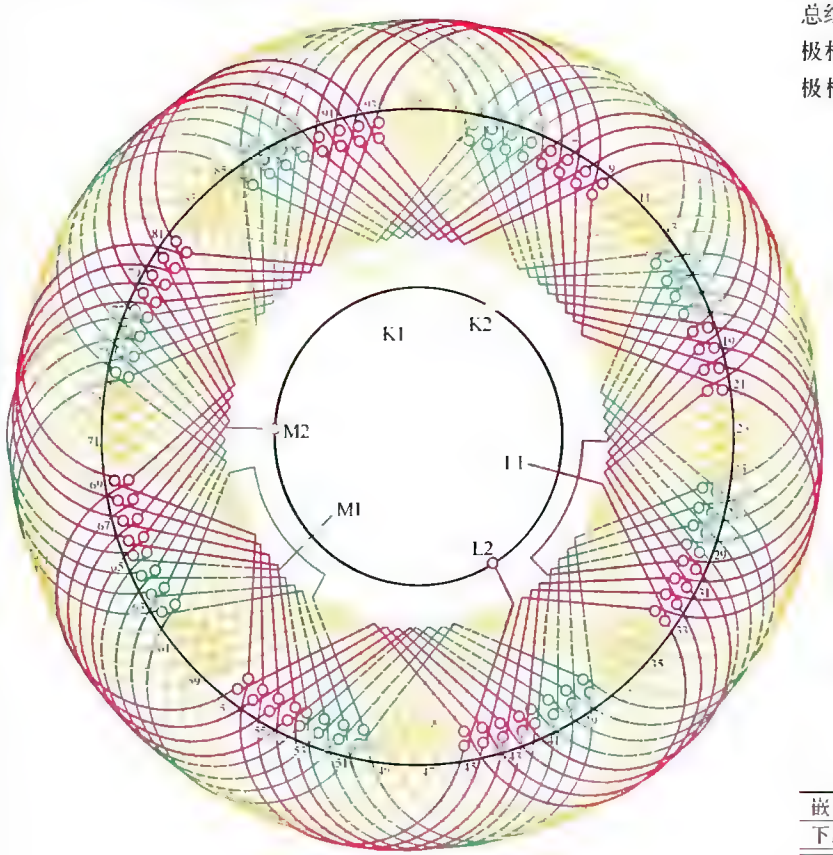


图　4.1.9

1. 绕组参数

总线圈数 $Q=96$　并联路数 $a=1$　过渡节距 $y_3=1-12$

极相组数 $u=24$　第一节距 $y_1=1-13$　出线槽号 K1=1　L1=33

极相槽数 $q=4$　第二节距 $y_2=1-13$　M1=65　K2=13

L2=45　M2=77

2. 绕组排列表

	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上
K1	1	13	25	37	49	61	73	85	96	12	24	36
	48	60	72	84	95	11	23	35	47	59	71	83
	94	10	22	34	46	58	70	82				
K2	13	25	37	49	61	73	85	1	12	21	36	48
	60	72	84	96	11	23	35	47	59	71	83	95
	10	22	31	16	58	70	82	94				
L1	33	45	57	69	81	93	9	21	32	44	56	68
	80	92	8	20	31	43	55	67	79	91	7	19
	30	42	54	66	78	90	6	18				
L2	15	57	69	81	93	9	21	33	44	56	68	80
	92	8	20	32	43	55	67	79	91	7	19	31
	42	54	66	78	90	6	18	30				
M1	65	77	89	5	17	29	41	53	64	76	88	4
	16	28	40	52	63	75	87	3	15	27	39	51
	62	74	86	2	14	26	38	50				
M2	77	89	5	17	29	41	53	65	76	88	1	16
	28	40	52	64	75	87	3	15	27	39	51	63
	74	86	2	14	26	38	50	62				

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	…	93	94	95	96
下层槽号	1	2	3	1	5	6	7	8	9	…	93	94	95	96
嵌入次序	97	98	99	100	101	102	103	104	105	…	189	190	191	192
上层槽号	1	96	95	94	93	92	91	90	89	…	5	4	3	2

4. 绕组特点与应用　本例 $2p$ 3≠整数，三相出线可对称，能同时获得电气和机械平衡。每相有 6 只短距线圈，前后节距相等。主要应用有 JR136－8 等绕线转子异步电动机

4.1.10　108槽12极双层波绕组

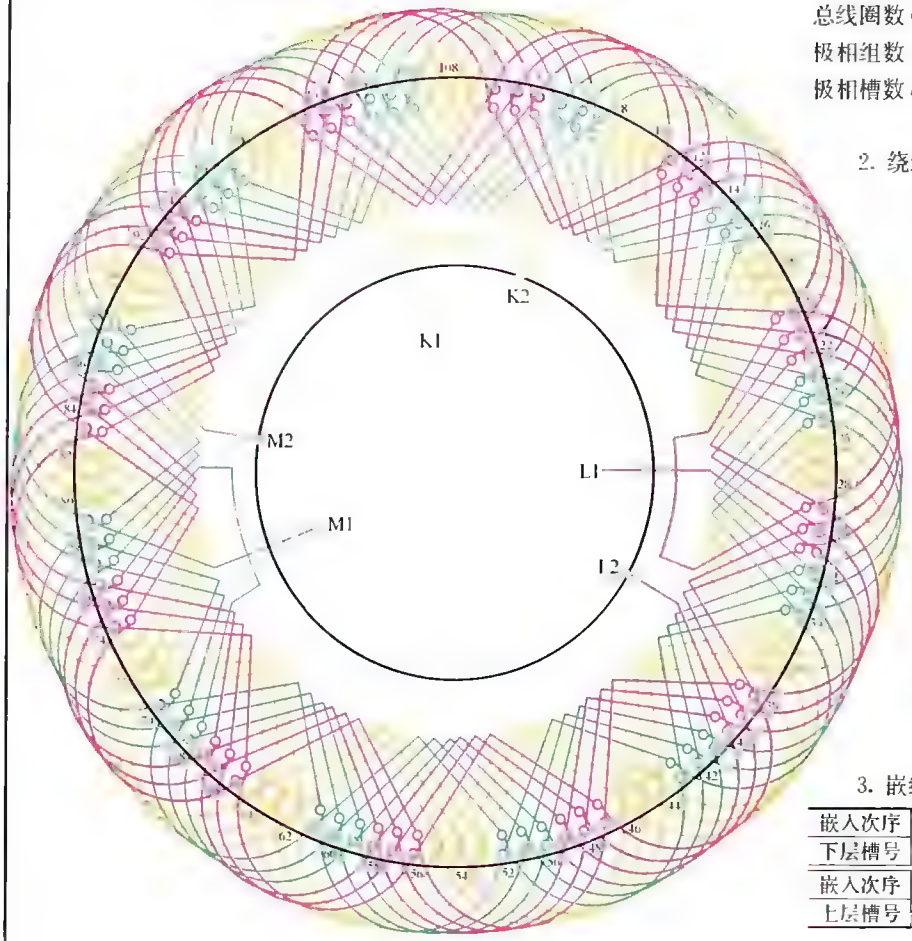


图　4.1.10

1. 绕组参数

总线圈数 $Q=108$　并联路数 $a=1$　过渡节距 $y_c=1$　9

极相组数 $u=36$　第一节距 $y=1$　10　出线槽号 K1=1　L1=31

极相槽数 $q=3$　第二节距 $y_2=1-10$　M1=79　K2=10

L2=40　M2=88

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
K1	1	10	19	28	37	46	55	64	73	82	91	100
	108	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99
	107	8	17	26	35	44	53	62	71	80	89	98
K2	10	19	28	37	46	55	64	73	82	91	100	1
	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108
	8	17	26	35	44	53	62	71	80	89	98	107
L1	31	40	49	58	67	76	85	94	103	4	13	22
	31	39	48	57	66	75	84	93	102	3	12	21
	29	38	47	56	65	74	83	92	101	2	11	20
L2	40	49	58	67	76	85	94	103	4	13	22	31
	39	48	57	66	75	84	93	102	3	12	21	30
	38	47	56	65	74	83	92	101	2	11	20	29
M1	79	88	97	106	7	16	25	34	43	52	61	70
	78	87	96	105	6	15	24	33	42	51	60	69
	77	86	95	104	5	14	23	32	41	50	59	68
M2	88	97	106	7	16	25	34	43	52	61	70	79
	87	96	105	6	15	24	33	42	51	60	69	78
	86	95	104	5	14	23	32	41	50	59	68	77

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	…	104	105	106	107	108
下层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	…	104	105	106	107	108
嵌入次序	109	110	111	112	113	114	115	116	…	212	213	214	215	216
上层槽号	1	108	107	106	105	104	103	102	…	6	5	4	3	2

4. 绕组特点与应用　本例为整数槽绕组，三相出线不对称，机械平衡性差。每相有4只短距线圈。主要实例有JRQ158—12等电动机

4.2 三相对称换位波绕组布线接线图

三相对称换位波绕组是根据双层波绕组改进而来．它将绕行支路连接尾线省去．并推前一槽在槽内交换连接；本节图中的换位槽用着色画出。

对称换位与普通波绕组的区分是现场检修必须掌握的．否则工作就无法进行。通常可根据如下外部特征去辨别：

(1) 双层波绕组出线在单边．而换位波绕组分别在转子两端出线；

(2) 换位波绕组前端仅有3根出线并分别与3铜环相接．后端则接成环形星点；双层波绕组除在前端出6根线分别接入铜环和连接成星点外．还有三相连接线；

(3) 换位波绕组后端突起座每相要少3块；

(4) 换位波绕组每相少一元件线圈．故上层和下层各有3槽缺空上、下层铜导体．而以其它绝缘物代替充填

因此．对称换位波绕组具有如下特点：

(1) 每相少一线圈．并可省去3根连接线、3个突起座的材料及其焊接工艺；

(2) 转子端部减少接线可降低风摩损耗．并从工艺上减少机械不平衡因素；

(3) 放置及制作换位元件费工耗时；

(4) 绕行线路缩短后．转子阻抗减少而使电流略有增加。

所以．目前绕线型转子中．两种型式的绕组并行使用

1. 绕组参数　波绕组采用换位元件后．为了完成绕行．除在前端使用过渡节距连接外．后端也要使用过渡节距．因此．当每极相槽数 q=整数时．绕组便出现4种节距并用

(1) 第一节距 Y_1　又称后节距．是指转子输出轴(非集电环)端的线圈(元件)连接两槽有效边的节距；也是多匝线圈的节距

(2) 第二节距 Y_2　是转子集电环端连接两槽有效边的节距．又称前节距。

(3) 过渡前距 Y_3　它相当于双层波绕组的过渡节距．是前(第二)节距中的缩短节距．$Y_3=Y_2-1$．图中用虚线表示。

(4) 过渡后距 Y_4　绕组绕行一周后．为继续换位绕行而人为地将(第一)后节距缩短而过渡连接．故称过渡后距．$Y_4=Y_1-1$．图中用虚线表示。

(5) 换位槽　对称换位波绕组每相两支路的连接是通过槽内的特殊换位元件进行的．即将元件从上(下)层进入后．换接到下(上)层抽出．换位元件所在的槽称之换位槽．又可称"翻层槽"。图中用上下层着色连接件表示

(6) 出线槽　对称换位波绕组三相出线K1、L1、M1位于转子前端上层；星点出线K2、L2、M2位于后端下层．两种出线槽号相同

2. 绕组排列表　它是绕组排列和接线的依据

3. 嵌线方法　小型电机多匝线圈宜用交叠法嵌线；硬元件绕组则将下层边穿插入槽后整形．再把上层边插入．并按图、表对接

4.2.1　54槽4极对称换位波绕组**

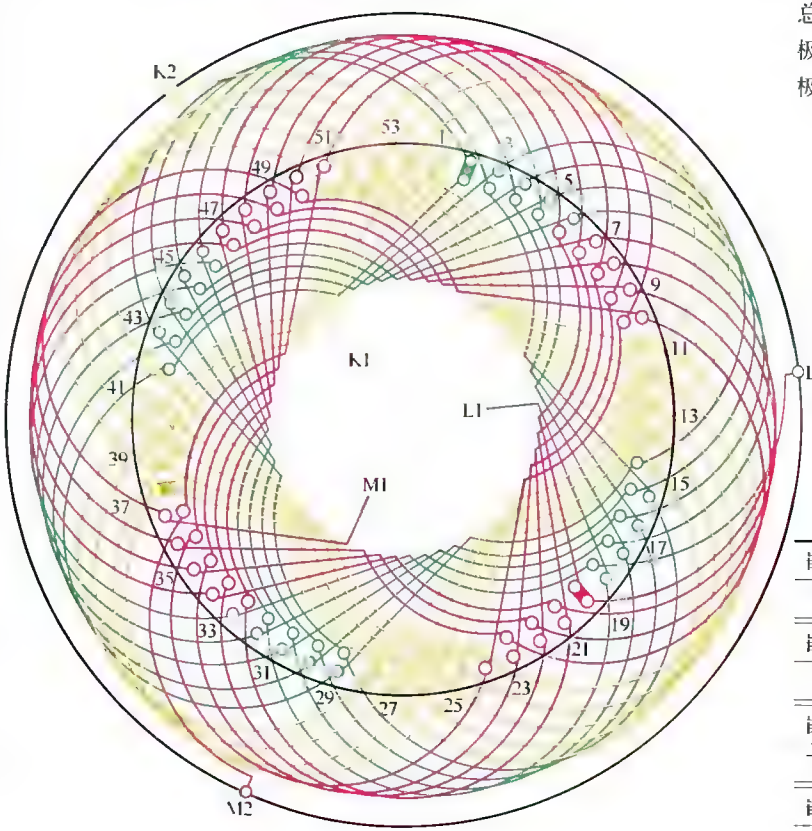


图　4.2.1

1. 绕组参数

总线圈数 Q=51　第一节距 y=1—14　过渡后距 y_1=1—13

极相组数 u=12　第二节距 y_2=1—15　出线槽号 K=1　L=19　M=37

极相槽数 q=4½　过渡前距 y_1=1—14　换位槽号 K—38　L=2　M=20

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	
K1—	1	—14—	28—	41	—54	—13	—27	—40—	53—	12—	26	—39—	
	52—	11	—25—	(38)	—24—	11	—51—	39	—25—	12—	52—		
	40—	26—	13—	53	—41—	27	—14—	54	—12—	28—	15—	1	—K2
L1—	19—	32—	46—	5	—18—	31	—45—	4	—17—	30—	44—	3	—
	16—	29—	43—	(2)	—12—	29	—15	3	—43—	30—	16—		
	4	—44—	31—	17	—5	—45—	32—	18—	6	—46—	33—	19	—L2
M1—	37—	50—	10—	23	—36—	49—	9	—22—	35—	48—	8	—21	—
	34	47	7	—(20)	6	—47—	33—	21—	7	—48—	34—		
	22—	8	—49—	35	—23—	9	—50—	36	21—	10—	51—	37—	M2

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
下层槽号	1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入次序	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
下层槽号	19	⑳	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入次序	37	38	39	40	41	12	13	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
下层槽号	37	㊳	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54

嵌入次序	55	56	57	58	59	…	101	102	103	104	105
上层槽号	1	54	53	52	51	…	7	6	5	4	3

注：带圈槽号嵌入换位元件

4. 绕组特点与应用　本例为分数槽绕组，前后节距采用不等距布线，三相绕组出线槽分布对称，故有较好的电气和机械对称平衡。主要应用于JR114－4等绕线转子异步电动机。

4.2.2 54槽6极对称换位波绕组

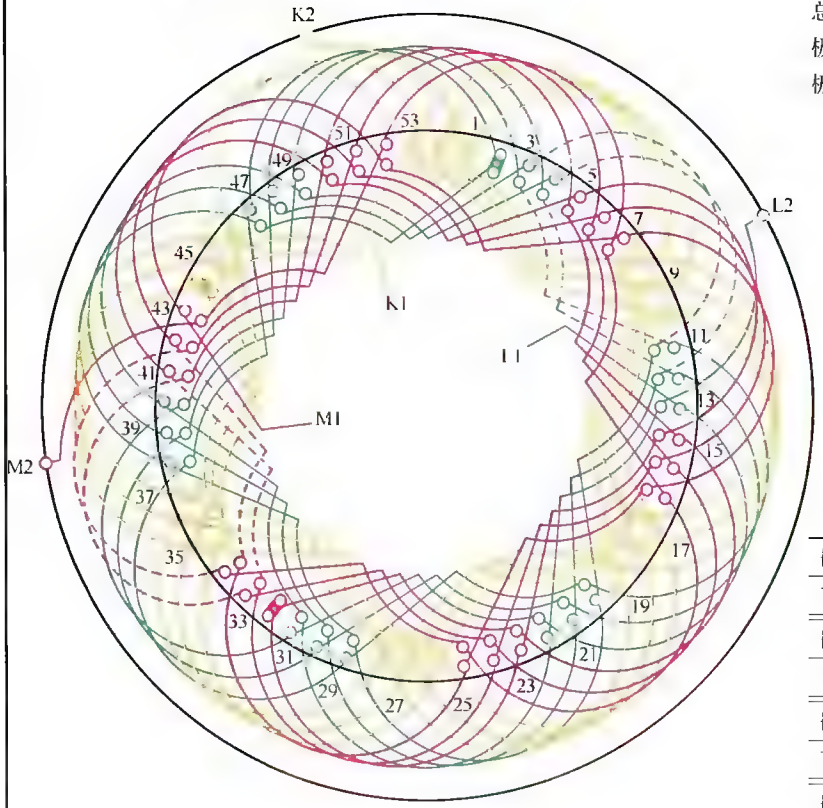


图 4.2.2

1. 绕组参数

总线圈数 $Q=51$　第一节距 $y_1=1-10$　过渡后距 $y_4=1-9$

极相组数 $u=18$　第二节距 $y_2=1-10$　出线槽号 K=1　L=13　M=43

极相槽数 $q=3$　过渡前距 $y_3=1-9$　换位槽号 K'=44　L'=2　M'=32

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	
K1	1	10	19	28	37	46	54	9	18	27	36	45	
	53	8	17	26	35	(44)	35	26	17	8	53		
	15	36	27	18	9	54	46	37	28	19	10	1	K2
L1	13	22	31	40	49	4	12	21	30	39	48	3	
	11	20	29	38	47	(2)	47	38	29	20	11		
	3	48	39	30	21	12	1	49	40	31	22	13	L2
M1	43	52	7	16	25	34	42	51	6	15	24	33	
	41	50	5	11	23	(32)	23	14	5	50	41		
	33	24	15	6	51	42	34	25	16	7	52	43	M2

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
下层槽号	1		3	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	11	15	16	17	18
嵌入次序	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
下层槽号	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	㉜	33	34	35	36
嵌入次序	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
下层槽号	37	38	39	40	41	42	43	㊹	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54

嵌入次序	55	56	57	58	59	60	…	101	102	103	104	105
上层槽号	1	54	53	52	51	50	…	7	6	5	4	3

注：带圈槽号嵌入换位元件

4. 绕组特点与应用　本例为整数槽绕组，且 $2p\ 3=$整数，三相出线不能安排成几何对称分布，故不能满足机械对称平衡要求，只能待试验时借助配重块进行调整，每相前后节距中分别有 2 只短距元件。主要应用实例有 JR117-6 三相绕线转子异步电动机等转子绕组

4.2.3 72槽4极对称换位波绕组

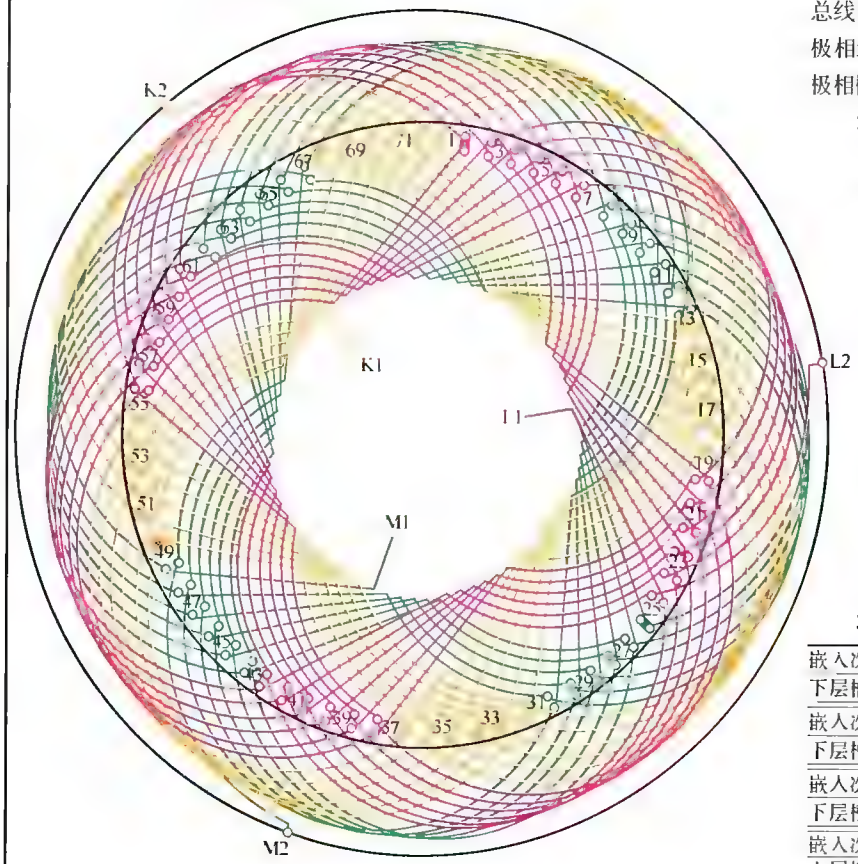


图 4.2.3

1. 绕组参数

总线圈数 Q=69　第一节距 y_1=1-19　过渡后距 y_3=1-18

极相组数 u=12　第二节距 y_2=1-19　出线槽号 K=1　L=25　M=19

极相槽数 q=6　过渡前距 y_3=1-18　换位槽号 K=50　L=2　M=26

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
K1	1	19	37	55	72	18	36	54	71	17	35	53
	70	16	34	52	69	15	33	51	68	14	32	
		(50)	32	14	68	51	33	15	69	52	34	
	16	70	53	35	17	71	54	36	18	72	15	37
	19	1										K2
L1	25	43	61	7	24	42	60	6	23	41	59	5
	22	40	58	4	21	39	57	3	20	38	56	
		(2)	56	38	20	3	57	39	21	4	58	
	40	22	5	59	41	23	6	60	42	24	7	61
	43	25										L2
M1	49	67	13	31	48	66	12	30	47	65	11	29
	46	64	10	28	45	63	9	27	44	62	8	
		(26)	8	62	44	27	9	63	45	28	10	
	64	46	29	11	65	17	30	12	66	48	31	13
	67	49										M2

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
下层槽号	1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入次序	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
下层槽号	25	㉖	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入次序	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
下层槽号	49	㊿	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72

嵌入次序	73	74	75	76	77	78	79	80	81	137	138	139	140	141	
上层槽号	1	72	71	70	69	68	67	66	65	7	6	5	4	3	

注：带圈槽号嵌入换位元件

1. 绕组特点与应用　本例为整数槽绕组，且 $2p/3$≠整数，故三相能同时获得电气和机械对称平衡：每相在转子两端均有5只短距线圈。主要应用实例有JRQ158—4等电动机

4.2.4　72槽6极对称换位波绕组

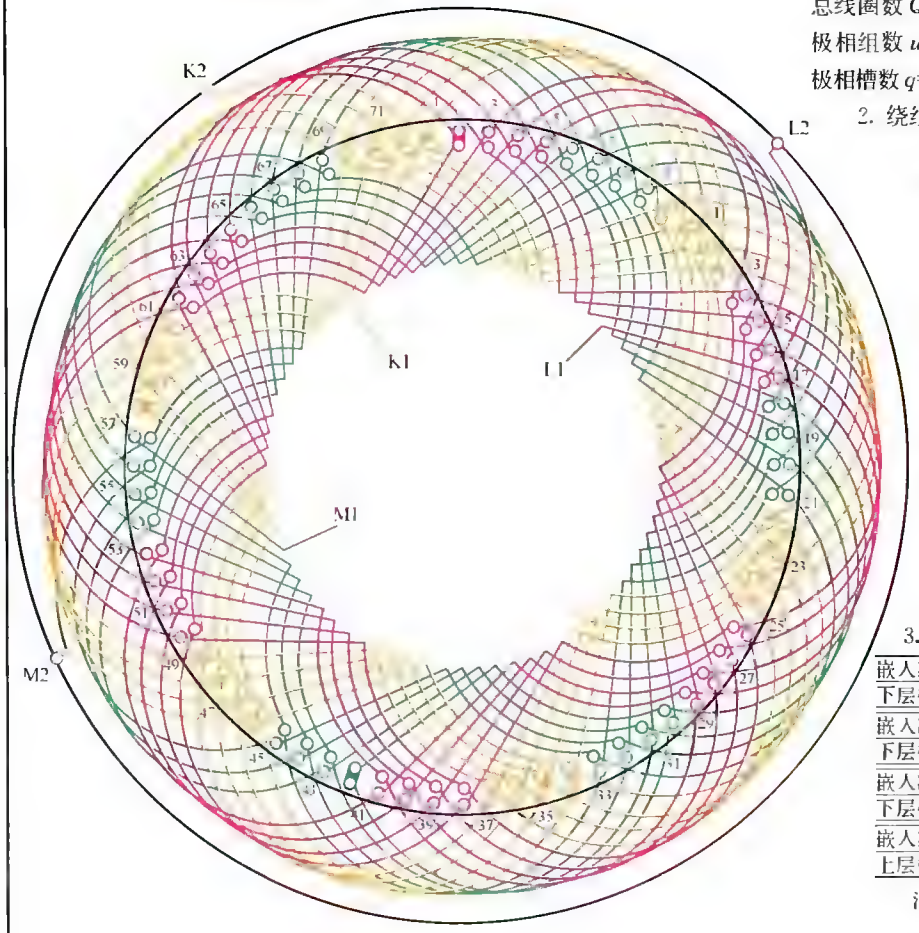


图　4.2.4

1. 绕组参数

总线圈数 Q=69　第一节距 y_1=1　13　过渡后距 y_4=1—12

极相组数 u=18　第二节距 y_2=1—13　出线槽号 K=1　L=17　M=57

极相槽数 q=1　过渡前距 y_3=1—12　换位槽号 K=58　L=2　M=42

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	
K1	1	13	25	37	49	61	72	12	24	36	48	60	
	71	11	23	35	47	49	70	10	22	34	46		
		(58)	46	34	22	10	70	59	47	35	23		
	11	71	60	48	36	24	12	72	61	49	37	25	
	13	1											K2
L1	17	29	41	53	65	5	16	28	40	52	64	4	
	15	27	39	51	63	3	14	26	38	50	62		
		(2)	62	50	38	26	14	3	63	51	39		
	27	15	4	64	52	40	28	16	5	65	53	41	
	29	17											L2
M1	57	69	9	21	33	45	56	68	8	20	32	44	
	55	67	7	19	31	43	54	66	6	18	30		
		(42)	30	18	6	66	54	43	31	19	7		
	67	55	44	32	20	8	68	56	45	33	21	9	
	69	57											M2

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	… 24
下层槽号	1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	… 21
嵌入次序	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	… 48
下层槽号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	… 48
嵌入次序	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	… 72
下层槽号	49	50	51	52	53	54	55	56	57	㊽	59	60	61	62	63	64	65	66	67	… 72

嵌入次序	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	…	140	141
上层槽号	1	72	71	70	69	68	67	66	65	64	…	1	3

注：带圈槽号嵌入换位元件

4. 绕组特点与应用　本例为整数槽绕组，且 $2p$ 3=整数，三相出线无法满足几何对称要求，故不能达到机械平衡，要待试验时用配重方法调整其动平衡。每相前后节距中均有 2 只短距元件。主要应用实例有 JR116—6 等电动机

4.2.5　75 槽 10 极对称换位波绕组

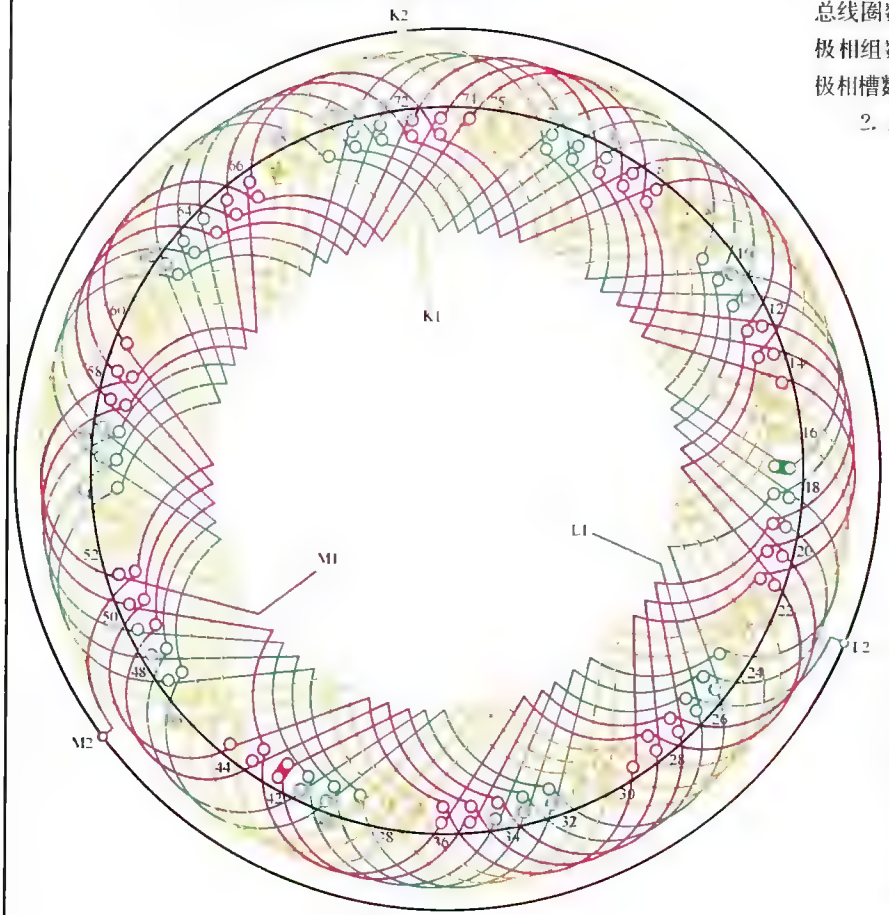


图　4.2.5

1. 绕组参数

总线圈数 $Q=72$　第一节距 $y_1=1-8$　过渡后距 $y_1=1-7$

极相组数 $u=30$　第二节距 $y_2=1-9$　出线槽号 K=1　L=26　M=51

极相槽数 $q=2\frac{1}{2}$　过渡前距 $y_3=1-8$　换位槽号 K=67　L=17　M=42

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
K1	1	8	16	23	31	38	46	53	61	68	75	7
	15	22	30	37	45	52	60	(67)	59	52	44	
	37	29	22	14	7	74	68	60	53	45	38	30
	23	15	8	75	69	61	54	46	39	31	24	16
	9	1										K2
L1	26	33	41	48	56	63	71	3	11	18	25	32
	40	47	55	62	70	2	10	(17)	9	2	69	
	2	54	47	39	32	24	18	10	3	70	63	55
	48	40	33	25	19	11	4	71	64	56	49	11
	34	26										L2
M1	51	58	66	75	6	13	21	28	36	43	7	55
	65	72	5	12	20	27	35	(42)	34	27	19	
	12	4	72	64	57	49	13	35	28	20	13	5
	73	65	58	50	44	36	29	21	14	6	74	66
	59	51										M2

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	…	16	17	18	19
下层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	…	16	⑰	18	19
嵌入次序	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	…	35	36	37	38
下层槽号	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	…	35	36	37	38
嵌入次序	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	…	54	55	56	57
下层槽号	39	40	41	㊷	43	44	45	46	47	48	49	…	54	55	56	57
嵌入次序	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	…	73	74	75	
下层槽号	58	59	60	61	62	63	64	65	66	⑥⑦	68	…	73	71	75	
嵌入次序	76	77	78	79	80	81	82	…	116	117						
上层槽号	1	75	74	73	72	71	70	…	3	2						

注：带圈槽号嵌入换位元件。

4. 绕组特点与应用　本例系分数槽绕组，极距 $\tau=7\frac{1}{2}$ 为分数，前后节距要采用不等距轮换才能完成绕行；每相中，前节距有 1 只，后节距有 2 只短距过渡元件。三相出线分布可以达到电气和机械对称平衡。主要应用于 JR115—10 等电动机转子

4.2.6　81 槽 6 极对称换位波绕组

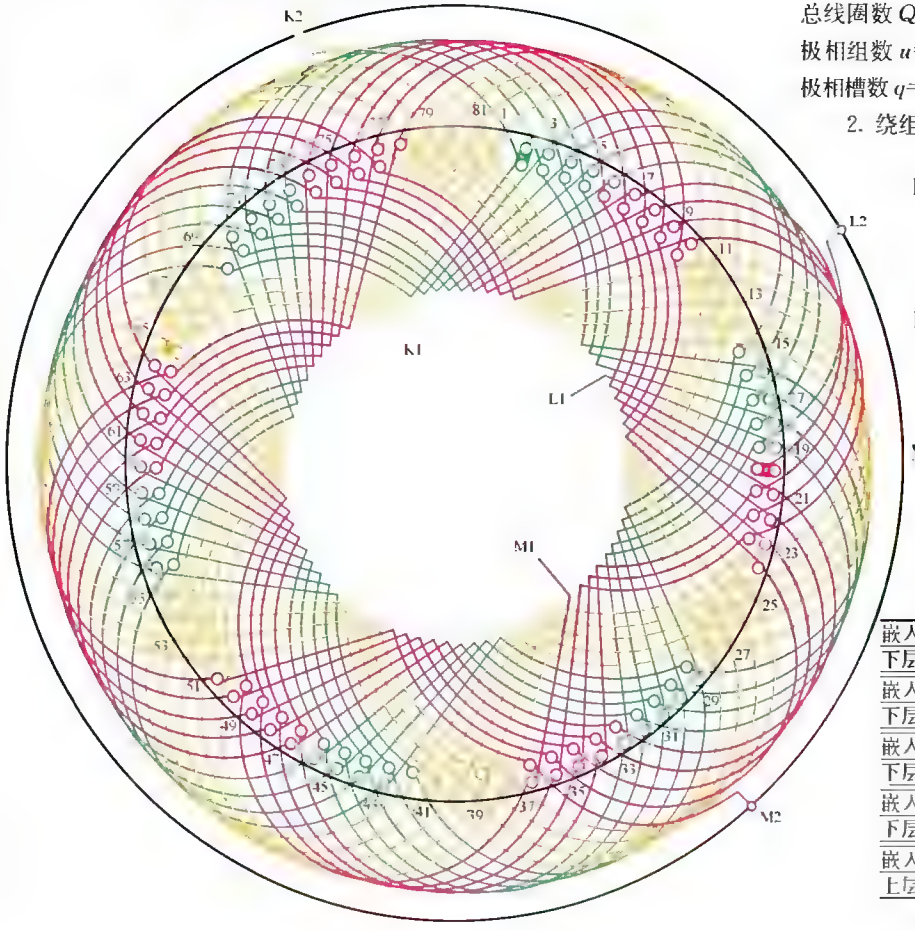


图　4.2.6

1. 绕组参数

总线圈数 $Q=78$　第一节距 $y_1=1—14$　过渡后距 $y_4=1—13$

极相组数 $u=18$　第二节距 $y_2=1—15$　出线槽号 K=1　L=19　M=37

极相槽数 $q=4\frac{1}{2}$　过渡前距 $y_3=1—14$　换位槽号 K=65　L=2　M=20

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
K1	1—	14—	28—	41—	55—	68—	81—	13—	27—	40—	54—	67—
	80—	12—	26—	39—	53—	66—	79—	11—	25—	38—	52—	
		(65)—	51—	38—	24—	11—	78—	66—	52—	39—	25	
	12—	79—	67—	53—	40—	26—	13—	80—	68—	54—	41—	27—
	14—	81—	69—	55—	42—	28—	15—	1				K2
L1	19—	32—	46—	59—	73—	5—	18—	31—	45—	58—	72—	4—
	17—	30—	44—	57—	71—	3—	16—	29—	43—	56—	70—	
		(2)—	69—	56—	42—	29—	15—	3—	70—	57—	43—	
	30—	16—	4—	71—	58—	44—	31—	17—	5—	72—	59—	45—
	32—	18—	6—	73—	60—	46—	33—	19				L2
M1	37—	50—	64—	77—	10—	23—	36—	49—	63—	76—	9—	22—
	35—	48—	62—	75—	8—	21—	34—	47—	61—	47—	7—	
		(20)—	6—	71—	60—	47—	33—	21—	7—	75—	61—	
	48—	34—	22—	8—	76—	62—	49—	35—	23—	9—	77—	63—
	50—	36—	24—	10—	78—	64—	51—	37				M2

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
下层槽号	1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	⑳	21
嵌入次序	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
下层槽号	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	12
嵌入次序	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
下层槽号	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
嵌入次序	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81			
下层槽号	64	㊺	66	67	68	69	70	71	72	73	71	75	76	77	78	79	80	81			
嵌入次序	82	83	84	85	86	87	88	…	155	156	157	158	159								
上层槽号	1	81	80	79	78	77	76	…	7	6	5	4	3								

注：带圈槽号嵌入换位元件

1. 绕组特点与应用　本例为分数槽绕组，每相前节距有 3 只，后节距有 4 只短距过渡元件。前后节距采用不等距轮换布线，三相出线无法对称安排，故绕组不能满足机械平衡要求。主要应用实例有 JRQ148-6 等防护式三相绕线转子电动机

4.2.7　84槽8极对称换位波绕组

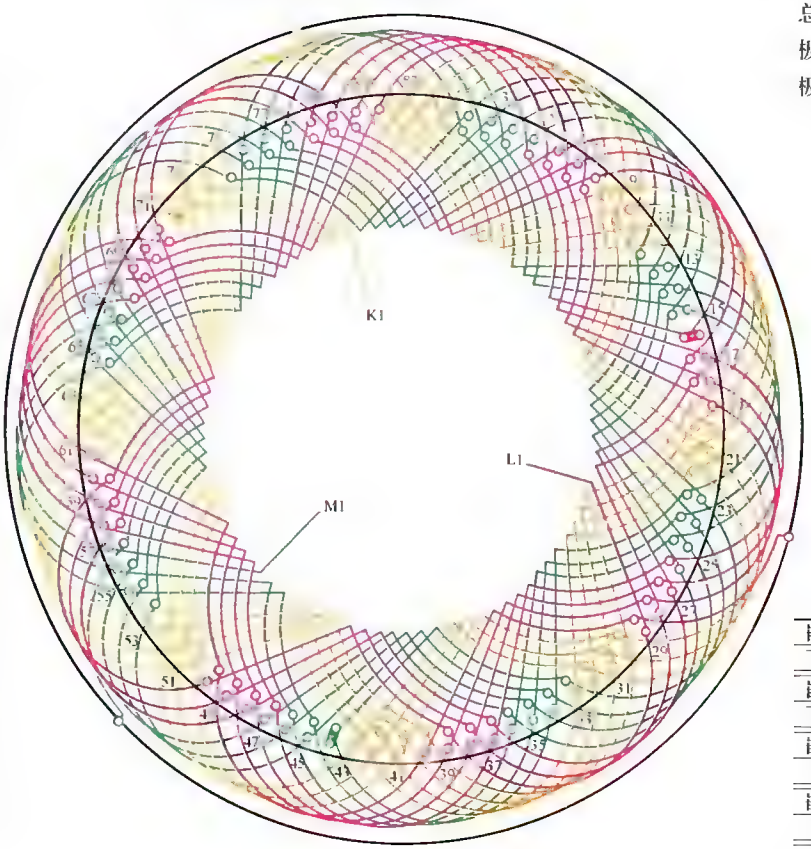


图　4.2.7

1. 绕组参数

总线圈数 Q=81　第一节距 y_1=1—11　过渡后距 y_t=1　10

极相组数 u=24　第二节距 y_2=1　12　出线槽号 K=1　L=29　M=57

极相槽数 q=3½　过渡前距 y_3=1—11　换位槽号 K=72　L=16　M=44

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	
K1	1	11	22	32	43	53	64	74	84	10	21	31	
	12	52	63	73	83	9	20	30	41	51	62		
		(72)	61	51	40	30	19	9	82	73	62		
	52	41	31	20	10	83	74	63	53	42	32	21	
	11	84	75	64	51	43	33	22	12	1			K2
L1	29	39	50	60	71	81	8	18	28	38	49	59	
	70	80	7	17	27	37	48	58	69	79	6		
		(16)	5	79	68	58	47	37	26	17	6		
	80	69	59	48	38	27	18	7	81	70	60	49	
	39	28	19	8	82	71	61	50	40	29			L2
M1	57	67	78	1	15	25	36	46	56	66	77	3	
	14	24	35	45	55	65	76	2	13	23	34		
		(44)	33	23	12	2	75	65	54	45	34		
	24	13	3	76	66	55	46	35	25	14	1	77	
	67	56	47	36	26	15	5	78	68	57			M2

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
下层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	⑯	17	18	19	20	21
嵌入次序	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	11	12
下层槽号	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	12
嵌入次序	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
下层槽号	43	㊹	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
嵌入次序	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
下层槽号	64	65	66	67	68	69	70	71	⑦②	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84

嵌入次序	85	86	87	88	89	90	91	92	…	161	162	163	164	165
上层槽号	1	84	83	82	81	80	79	78	…	6	5	4	3	2

注：带圈槽号嵌入换位元件

4. 绕组特点与应用　本例为分数槽绕组，前后节距采用不等距轮换布线，每相前后节距中分别有2只和3只短距过渡元件；一相出线可对称分布，能满足电气和机械平衡要求。主要应用实例有JR115-8绕线转子。

4.2.8　90 槽 6 极对称换位波绕组

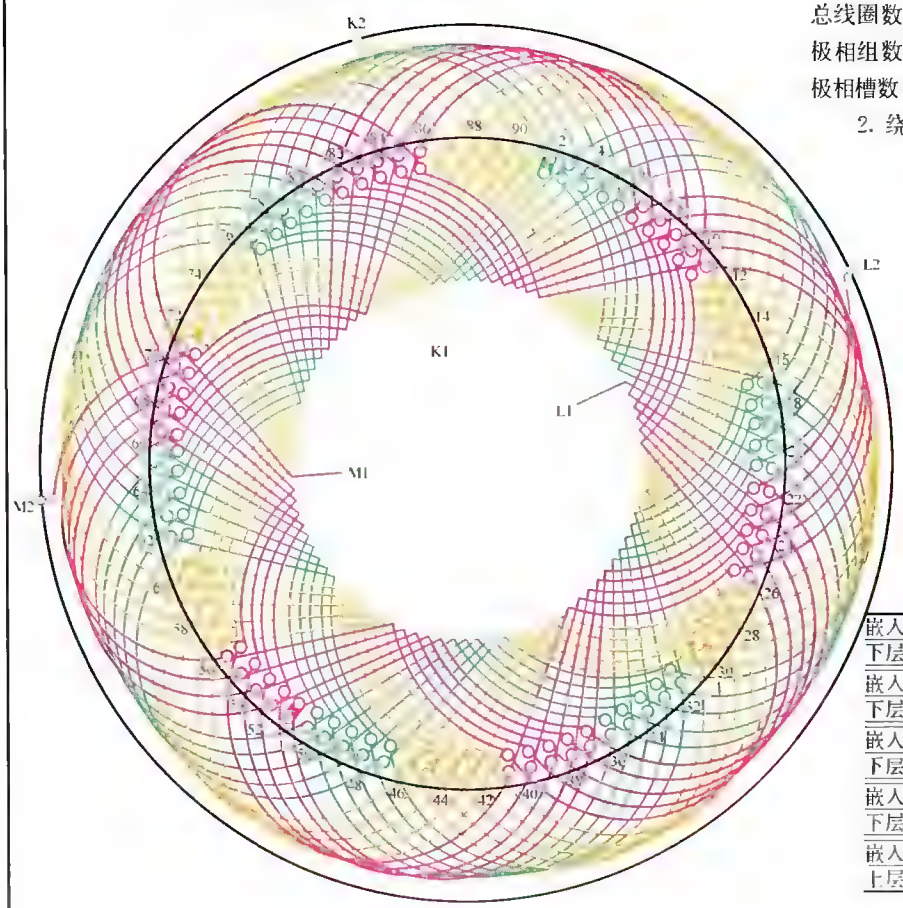


图　4.2.8

1. 绕组参数

总线圈数 $Q=87$　第一节距 $y_1=1—16$　过渡后距 $y_4=1—15$

极相组数 $u=18$　第二节距 $y_2=1—16$　出线槽号 K—1　L—21　M—71

极相槽数 $q=5$　过渡前距 $y_3=1—15$　换位槽号 K—72　L—2　M—52

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	
K1	1	16	31	46	61	76	90	15	30	45	60	75	
	89	14	29	44	59	74	88	13	28	43	58	73	
	87	12	27	42	57	(72)	57	42	27	12	87		
	73	58	43	28	13	88	74	59	41	29	14	89	
	75	60	45	30	15	90	76	61	46	31	16	1	K2
L1	21	36	51	66	81	6	20	35	50	65	80	5	
	19	34	49	64	79	4	18	33	48	63	78	3	
	17	32	47	62	77	(2)	77	62	47	32	17		
	3	78	63	48	33	18	4	79	64	49	34	19	
	1	80	65	50	35	20	6	81	66	51	36	21	L2
M1	71	86	11	26	41	56	70	85	10	25	40	55	
	69	84	9	24	39	54	68	83	8	23	38	53	
	67	82	7	22	37	(52)	37	22	7	82	67		
	53	38	23	8	83	68	54	39	24	9	84	69	
	55	40	25	10	85	70	56	41	26	11	86	71	M2

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
下层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入次序	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	…			47	48
下层槽号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	…			47	48
嵌入次序	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	…			71	72
下层槽号	49	50	51	㉜	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	…			71	㉜
嵌入次序	73	74	75	76	77	78	79	80	81	…			85	86	87	88	89	90						
下层槽号	73	74	75	76	77	78	79	80	81	…			85	86	87	88	89	90						
嵌入次序	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	…		175			176			177					
上层槽号	1	90	89	88	87	86	85	84	83	82	…		3			4			2					

注：带圈槽号嵌入换位元件

4. 绕组特点与应用　本例为整数槽绕组，前后正常节距相等，但 $2p/3$ 非整数，故三相出线仍无法对称安排，不能达到电气和机械同时平衡，需在试验时用配重调整动平衡。此外，每相前后节距中分别用 1 只短距元件过渡连接。主要应用实例有 JR136-6 等三相绕线转子异步电动机转子

4.2.9　96 槽 8 极对称换位波绕组

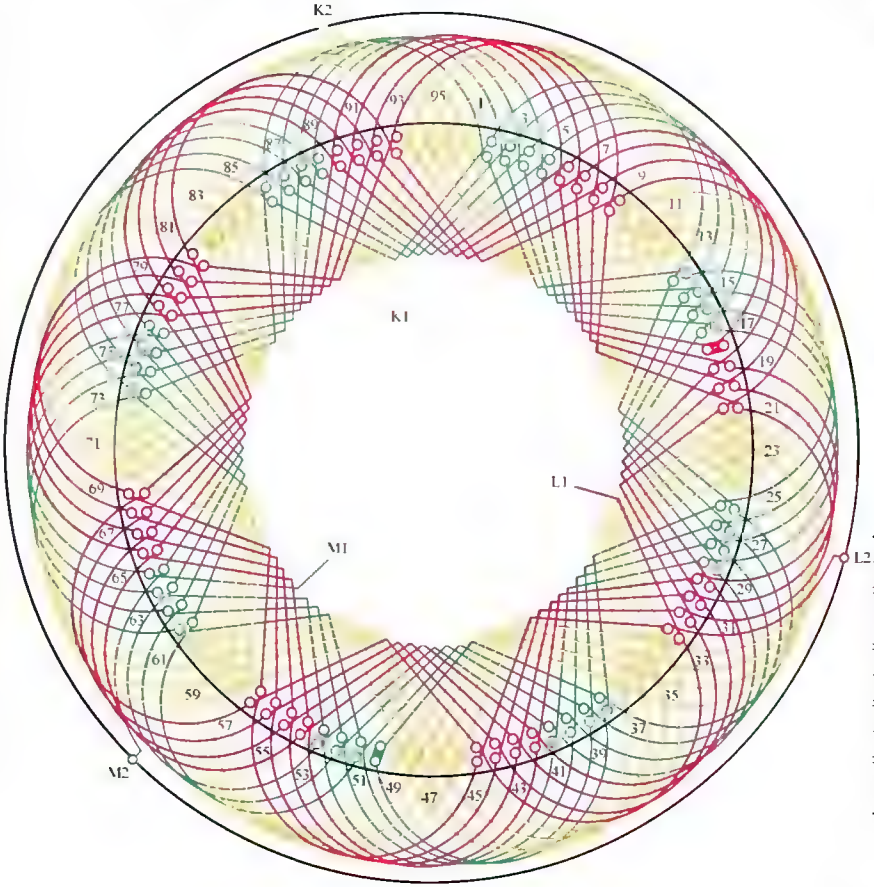


图　4.2.9

1. 绕组参数

总线圈数 Q =93　第一节距 y_1=1—13　过渡后距 y_t=1—12

极相组数 u=24　第二节距 y_2=1—13　出线槽号 K=1　L=33　M=65

极相槽数 q=4　过渡前距 y_t=1—12　换位槽号 K=82　L=18　M=50

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
K1	1	13	25	37	49	61	73	85	5	17	24	36
	48	60	72	84	4	11	25	32	47	59	71	83
	94	10	22	34	46	58	70	(82)	94	33	46	
	34	22	10	94	83	71	59	47	35	23	11	95
	84	72	60	48	36	24	12	96	85	73	61	49
	37	25	13	1								K2
L1	33	45	57	69	81	93	9	21	32	44	56	68
	80	92	8	20	31	43	55	67	79	91	7	19
	30	42	54	66	78	90	(18)	6	18	72		
	66	54	42	30	19	7	91	79	67	55	43	31
	20	8	92	80	68	56	44	32	21	9	81	
	69	57	45	33								L2
M1	65	77	89	5	17	29	41	53	64	76	88	4
	16	28	4	52	63	75	87	3	15	27	39	51
	62	74	86	2	14	26	38	(50)	38	26	14	
	2	86	74	62	51	39	27	15	3	87	75	63
	52	40	28	16	4	88	76	64	53	41	29	17
	5	89	77	65								M2

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	…	23	24
下层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	㉛	19	…	23	21
嵌入次序	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	…	47	48
下层槽号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	…	47	48
嵌入次序	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	…	71	72
下层槽号	49	㊿	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	61	65	66	67	…	71	72
嵌入次序	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	…	95	96
下层槽号	73	74	75	76	77	78	79	80	81	㊷	83	84	85	86	87	88	89	90	91	…	95	96

嵌入次序	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	…	188	189
上层槽号	1	96	95	94	93	92	91	90	89	88	…	3	2

注：带圈槽号嵌入换位元件。

4. 绕组特点与应用　本例为整数槽分布方案，且 $2p$ 3≠整数，故三相出线能对称安排，电动机转子能同时获得电气和机械对称平衡；前后节距相等，但分别有 3 只短距过渡元件分布于前后节距中(图中用虚线表示)。主要应用实例有 JR136－8 绕线式转子

4.2.10　108槽12极对称换位波绕组

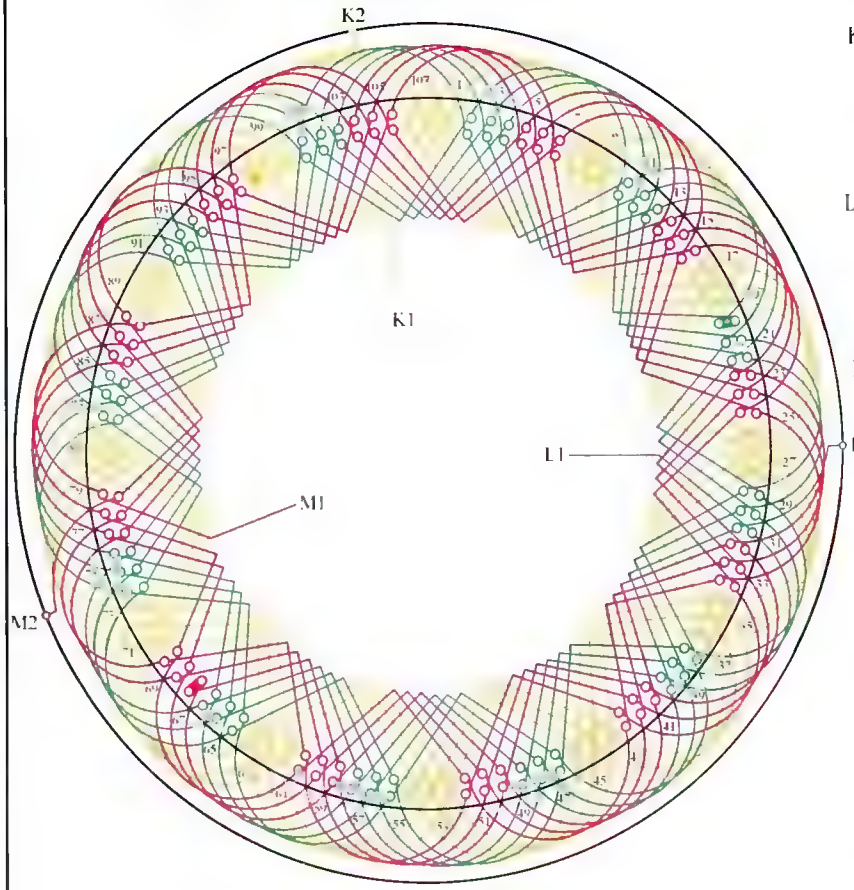


图　4.2.10

1. 绕组参数

总线圈数 $Q=105$　第一节距 $y_1=1\sim10$　过渡后距 $y_3=1\sim9$

极相组数 $u=36$　第二节距 $y=1\sim10$　出线槽号 K=1　L=31　M=79

极相槽数 $q=3$　过渡前距 $y_2=1\sim9$　换位槽号 K=98　L=20　M=68

2. 绕组排列表

	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	
K1	1	10	19	28	37	46	55	64	73	82	91	100	
	108	9	18	27	36	45	54	63	72	81	[illegible]	90	
	107	8	17	26	[illegible]	44	[illegible]	62	71	[illegible]			
	[illegible]		[illegible]	[illegible]	71	62	[illegible]	44	[illegible]	26	17		
	1	107	99	[illegible]	81	72	63	54	[illegible]	36	27	18	
	9	106	10	91	82	73	64	55	46	37	28	19	
	1	1											K2
L1	31	[illegible]	40	[illegible]	67	76	85	94	103	4	13	22	
	30	39	48	57	66	75	84	93	102	3	12	21	
	29	38	47	56	65	74	83	92	101	2	11		
		(68)	11	2	101	92	83	74	65	56	47		
	[illegible]	[illegible]	21	12	[illegible]	[illegible]	[illegible]	84	75	66	[illegible]	[illegible]	
	[illegible]	58	22	13	4	103	94	85	76	[illegible]	[illegible]	49	
	40	31											L2
M1	79	88	[illegible]	106	7	16	25	34	43	[illegible]	61	[illegible]	
	[illegible]	[illegible]	96	105	[illegible]	15	24	33	42	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	104	[illegible]	14	23	32	41	[illegible]	[illegible]		
		(68)	59	50	41	32	23	14	[illegible]	104	[illegible]		
	96	[illegible]	69	60	51	42	33	24	15	6	105	96	
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	61	52	43	34	25	16	[illegible]	[illegible]	97	
	88	[illegible]											M2

3. 嵌线顺序表

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	…	18	19	20	21	22
下层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	…	18	19	20	21	22
嵌入次序	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	…	40	41	42	43	44
下层槽号	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	…	40	41	42	43	44
嵌入次序	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	…	62	63	64	65	66
下层槽号	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	…	62	63	64	65	66
嵌入次序	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	…	84	85	86	87	88
下层槽号	67	㊽	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	…	84	85	86	87	88
嵌入次序	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	…	105	106	107	108	
下层槽号	89	90	91	92	93	94	95	96	97	㊾	99	100	101	…	105	106	107	108	
嵌入次序	109	110	111	112	113	114	115	116	…	211	212	213							
上层槽号	1	108	107	106	105	104	103	102	…	4	3	2							

注：带圈槽号嵌入换位元件

4. 绕组特点与应用　本例为整数槽绕组，$2p=3$ 整数，三相出线无法对称安排，前后节距相等并各用2只短距元件　应用实例有 JRQ158　12等电动机

第 5 章　单相交流电动机绕组

单相交流电动机一般使用于市电 220V 电源，根据运行特点可分为分相起动、分相运行、罩极起动、抽头调速等多种型式。其绕组并无专配，而是交叉选用。在《新 2 版电动机绕组布线接线彩色图集》中详细分为：单层叠式、单层链式、单层同心式、单层交叉式、同心交叉式、双层叠式、双层链式、单双层混合式、罩极式、正弦绕组以及其它专用特殊型式等。但本书是遗补，由于图例不足，故根据绕组结构特征归纳分为六节。选用时可与《新 2 版　电动机绕组布线接线彩色图集》图例互补。

本书图例以“潘氏画法”绘制，为便于读图，特作如下说明：

(1) 单相电动机布线接线图用彩色线条绘制。各线圈有效边在槽内导体用彩色小圆表示：单层为一层小圆，双层为二层小圆，均布于铁心圆周；

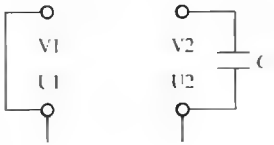
(2) 例图中同一绕组用同色表示，如主绕组用红色(或黄色)，副绕组用绿色，使之明显区分；

(3) 槽与槽间导体(小圆)的连接弧线是线圈端部，所跨槽数则是节距；

(4) 单相绕组一般为小容量电机绕组，通常仅用一路串联接法，如无例外，各图参数中不再说明；

(5) 单相电动机绕组连接以彩色细线向内画出：四根引出线(主绕组 U1、U2；副绕组 V1、V2)向外引出；

(6) 单相电动机为顺时钟旋转时，其引出线接法如图所示



5.1　单相单层交叠式绕组布线接线图

单层交叠式绕组的基本特征是交叠。由于单层绕组在槽中只有一个有效边而没有上下层之分，于是，嵌线时每只线圈要先嵌一边入槽，另边吊起，待跨距内的其它线圈边嵌完后才能把原吊起的边嵌入相应槽内，从而使整个绕组端部形成交叠状，故称之。若绕组每组为多只线圈且数量相等，则是单层叠式绕组；若每组是单只线圈时则为单层链式绕组

一、绕组参数

(1) 总线圈数 Q　　$Q=(S_t-S_v)u\ 2$

(2) 线圈组数　　它根据运行型式(起动型或运行型)、布线型式(显极或庶极)以及主副绕组等决定其数目

(3) 每组圈数　　是指每一个线圈组的线圈数。主、副绕组可相等，也可不等布线。

(4) 极距　　与三相电机相同，即 $\tau=Z\ 2p$

(5) 绕组系数　　单叠绕组为全距，节距系数 $K_p=1$，故绕组系数等于分布系数，即

$$K_{q_s}=K\ =\frac{\sin(180^\circ pq_s)}{q_s\sin(180^\circ p\ Z)}$$

式中　S_t、S_v——分别为主、副绕组每组圈数；

p——绕组极对数；

q_s——主绕组(q_t)或副绕组(q_v)占槽数；

Z——定子槽数

二、绕组特点

(1) 主、副绕组可采用相同或不相同的布线方案：起动型有的副绕组每组圈数为 1，而主绕组仍为叠式时，仍归入本节介绍；

(2) 运行型主、副绕组系数相等，但起动型的副绕组系数略高；

(3) 单叠绕组槽满率较高，但电磁性能较差，一般仅用于容量极小的电动机，目前有被性能优良的正弦绕组取代的趋势。

三、绕组嵌线

绕组除交叠嵌线外，一般还采用逐相分层嵌线形成双平面绕组。

四、绕组连接

显极布线为反向串联；庶极是顺接串联

五、绕组色别

图例中红色为主绕组；绿色是副绕组

5.1.1 8槽2极单层交叠式(单链布线)绕组

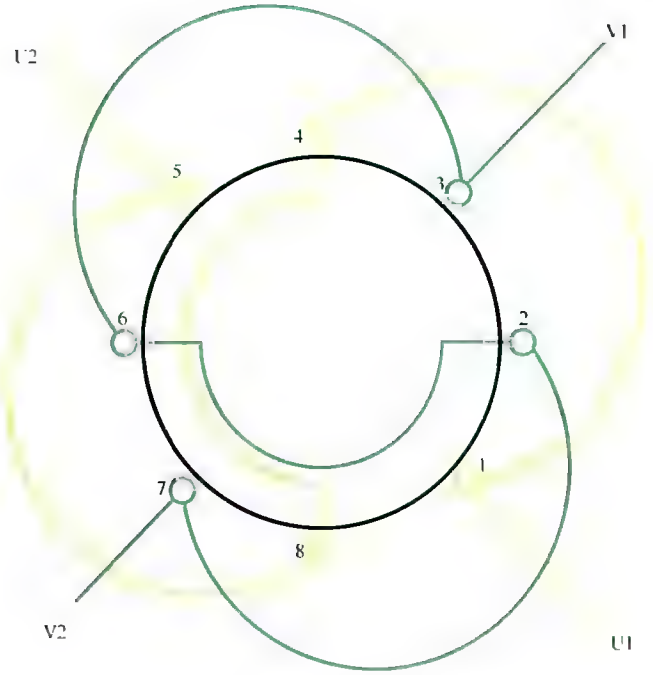


图 5.1.1

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=8$	每组圈数	$S=1$	线圈节距	$y=1\sim4$
电机极数	$2p=2$	极相槽数	$q=2$	绕组系数	$K_{dp}=0.924$
总线圈数	$Q=4$	绕组极距	$\tau=4$		$K_{sk}=0.924$
线圈组数	$u=4$	并联路数	$a=1$		

2. 嵌线方法　采用逐相分层嵌线，一般是先嵌主绕组的两个线圈入相应槽内，再嵌副绕组的两个线圈，使主绕组和副绕组的线圈端部分别处于下层平面和上层平面。嵌线顺序可参考下表：

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
嵌入槽号	下层	1	4	5	8								
	上层					3	6	7	2				

3. 绕组特点与应用　绕组为显极式布线，每极相槽数 $q=2$，主、副绕组均由2只线圈构成，两线圈为反接串联以形成2极；全套绕组仅4只线圈。由于线圈数少，线圈节距相等且小于极距，嵌线比较方便，通常都采用同相连绕工艺，可省去接线工序的耗时。此绕组适合于小功率单相电动机，主要应用实例有仪表盘用200mm排风扇单相电容电动机

5.1.2 12槽2极单层交叠式(等距布线)绕组

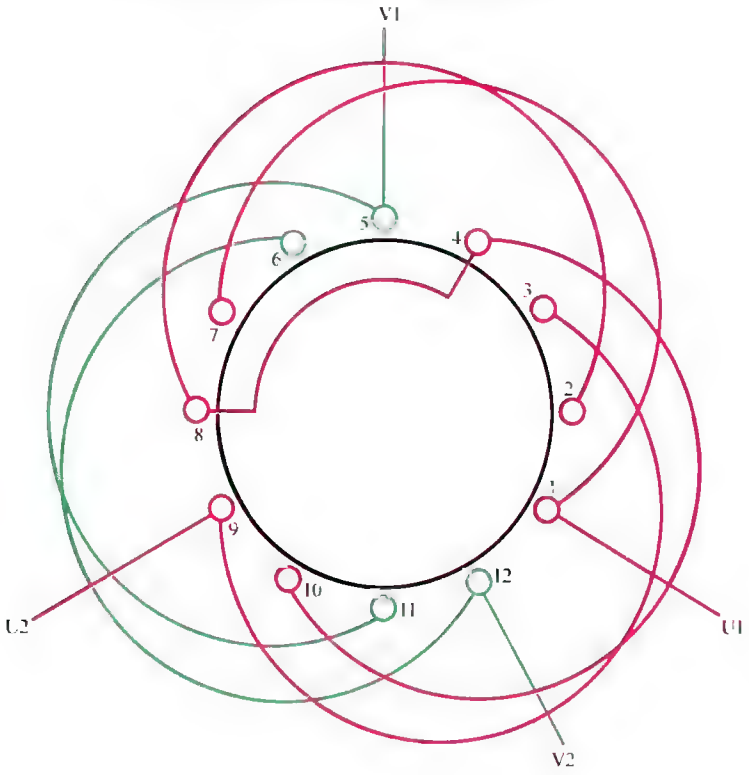


图 5.1.2

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=12$	线圈组数	$u=3$	绕组极距	$\tau=6$
电机极数	$2p=2$	每组圈数	$S=2$	线圈节距	$y=1\sim7$
总线圈数	$Q=6$	极相槽数	$q_1=1$	绕组系数	$K_{dp1}=0.837$
			$q_2=2$		$K_{dpV}=0.966$

2. 嵌线方法　嵌绕工艺可采用两种方法，但分相整嵌不但端部极不美观，而且线圈的机械强度也较弱，为使绕组端部紧凑、美观，一般都用交叠法嵌线，吊边数为2。嵌线顺序见下表：

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
嵌入槽号	沉边	2	1	10		9		6		5			
	浮边				1		3		12		11	7	8

3. 绕组特点与应用　主、副绕组采用不同的布线型式。主绕组是显极布线，由两组等距交叠线圈构成；每组2只线圈，组间采用反极性串接形成2极绕组。副绕组只有1组交叠双线圈，为庶极布线。此绕组全部线圈节距相等，可用同一规格线模绕制，故绕线方便；但限于结构上的原因，线圈采用的节距等于极距，线圈匝长较之其它型式绕组所耗费的铜线较多，不但使电动机的铜耗增加，运行温度上升，而且给小功率电机的嵌线增加难度。故此绕组不是理想的型式，一般极少应用，仅见用于老式的300mm扇风机电机。

5.1.3　12 槽 2 极单层交叠式(不等距布线)绕组

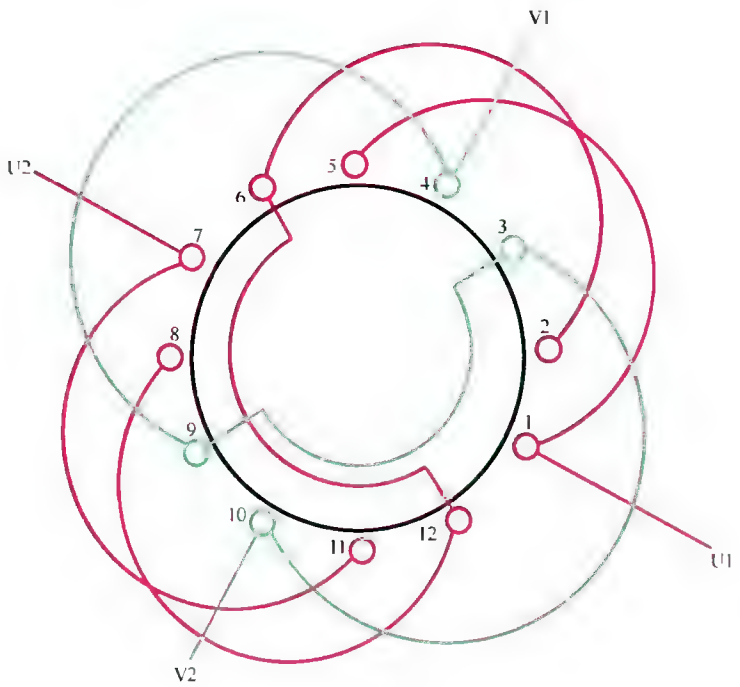


图　5.1.3

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=12$	每组圈数	$S_U=2$	$S_V=1$	线圈节距	$y_U=1\sim7$	
电机极数	$2p=2$	极相槽数	$q_U=4$	$q_V=2$		$y_V=1\sim6$	
总线圈数	$Q=6$	线圈组数	$u=4$		绕组系数	$K_{dpU}=0.837$	
		绕组极距	$\tau=6$			$K_{dpV}=0.966$	

2. 嵌线方法　本例绕组的线圈对称分布，采用交叠嵌线反使绕组端部不规整、不美观，故不宜采用；通常用分相整嵌，即先将主绕组逐个嵌入相应槽内，垫好相间绝缘，再将副绕组嵌入相应槽内，从而形成双平面绕组。嵌线顺序见下表：

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
嵌入槽号	下层	2	6	1	5	8	12	7	11				
	上层									1	9	10	3

3. 绕组特点与应用　本例为显极式布线。主、副绕组线圈不等距，且副绕组每组只有 1 只线圈，实质应归属于交叉式绕组。主绕组由 2 组交叠线圈组成，组间接线均为反向串联，即“尾与尾”相接。主、副绕组占槽比为 2∶1，较适用于起动型单相电动机；此外，绕组为全距，如采用短节距线圈，较之上例节省铜线；同时绕组嵌绕也方便、省时。因绕组仅用于微小容量的电机，应用不多，仅见于 FTA－250 通风用电动机

5.1.4 16槽2极单层交叠式(等距布线)绕组

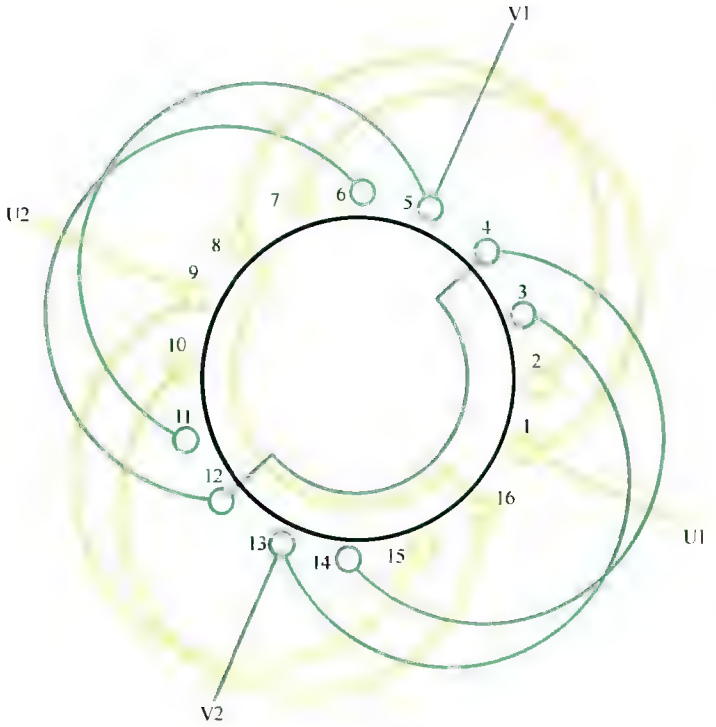


图 5.1.4

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=16$	线圈组数	$u=4$	绕组极距	$\tau=8$
电机极数	$2p=2$	每组圈数	$S=2$	线圈节距	$y=1\sim7$
总线圈数	$Q=8$	极相槽数	$q_U=4$	绕组系数	$K_{wU}=0.902$
			$q_V=4$		$K_{wV}=0.902$

2. 嵌线方法　嵌线可采用两种方法：

(1) 整嵌法　采用分相嵌入，即把主绕组先嵌入相应槽内，然后再嵌副绕组，使主、副绕组的线圈端部分置于上、下平面。嵌线顺序见下表：

表 5.1.4(a)　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下层	2	8	1	7	10	16	9	15								
	上层									6	12	5	11	14	4	13	3

(2) 交叠法　采用交叠嵌线，吊边数为2，较少应用。嵌线顺序见下表：

表 5.1.4(b)　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	沉边	2	1	14		13		10		9		6		5			
	浮边				4		3		16		15		12		11	8	7

3. 绕组特点与应用　本例采用显极布线，主、副绕组均由两组等距交叠式线圈组成，属正规布线的单叠绕组。同相组间是反极性串联，即“尾与尾”相接。主、副绕组占槽比相等，故适用于运行型单相电动机。应用实例有原(苏)АОЛДО—11/2等电容运转电动机。

5.1.5　18 槽 4 极单层交叠式(空槽不等距单链布线)绕组**

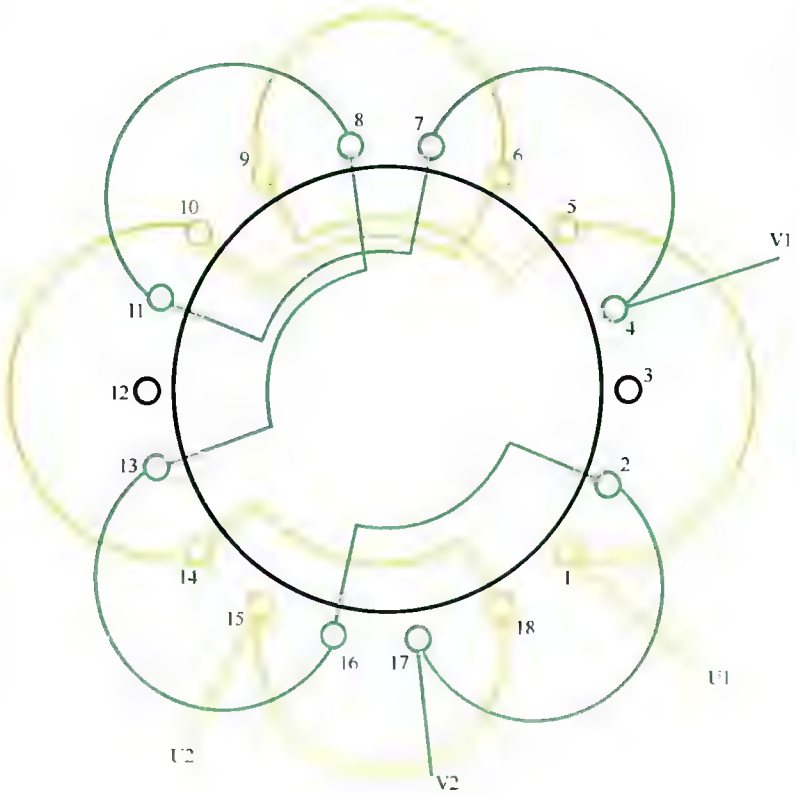


图　5.1.5

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=18$　　主相圈数　$S_m=4$　线圈节距　$y_1=1-4$　$y_2=1-7$

电机极数　$2p=4$　　副相圈数　$S_a=4$　绕组系数　$K_{dm}=0.94$

总线圈数　$Q=8$　　极相槽数　$q=1\frac{1}{2}$　　$K_{da}=0.924$

线圈组数　$u=8$　　绕组极距　$\tau=4\frac{1}{2}$

2. 嵌线方法　　主、副绕组分层嵌线．先将主绕组线圈嵌入相应槽内，衬垫好绝缘后再把副绕组线圈嵌入，使两绕组端部形成双平面层次。嵌线顺序见下表：

表 5.1.5　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下层	1	5	15	18	10	14	6	9								
	上层									4	7	17	2	13	16	8	11

3. 绕组特点与应用　　18 槽单层绕组最多安排 9 只线圈．但 4 极绕组显极布线仅需 8 只，占 16 槽，故只能留空 2 槽，从而造成对称 2 只主绕组多跨 1 槽，使绕组线圈使用两种节距布线。每相绕组 4 只线圈，各自采用反接串联接线，即同相相邻线圈是“尾接尾”或“头接头”

此绕组在国外非正规系列产品中曾有应用

5.1.6　24槽4极单层交叠式(庶极可分割)绕组

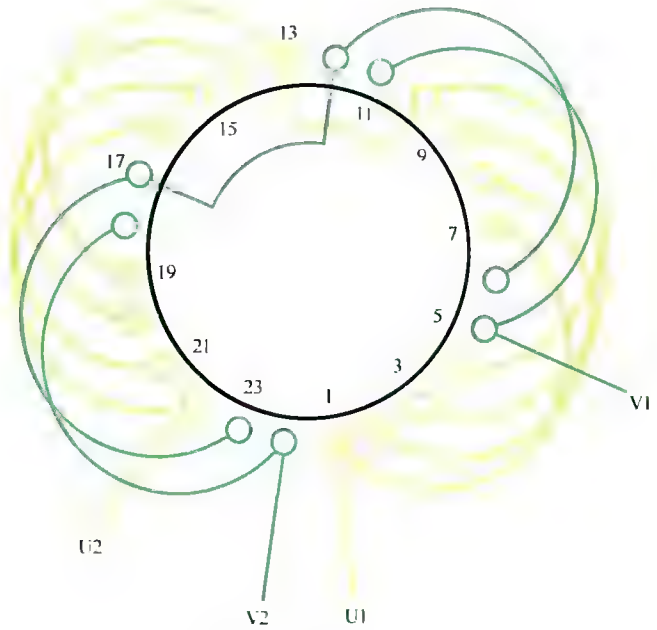


图　5.1.6

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=24$　　线圈组数　$u=4$　　绕组极距　$\tau=6$

电机极数　$2p=4$　　主相每组　$S_1=4$　　线圈节距　$y=6$

总线圈数　$Q=12$　　副相每组　$S_2=2$　　绕组系数　$K_{q1}=0.958$

2. 嵌线方法　　本例采用分两组整嵌，即相继将副、主绕组的组嵌入构成一结构大组，然后再把另一大组嵌入，嵌线顺序见下表：

表 5.1.6　分组整嵌法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
嵌入槽号	6	12	5	11	4	10	3	9	2	8	1	7
嵌绕次序	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	18	24	17	23	16	22	15	21	14	20	13	19

3. 绕组特点与应用　　本例绕组采用全距叠式，全部线圈为等节距，并用庶极布线，使两组线圈反接串联构成4极。由于绕组整体安排为两部分，故线圈端部不能做到整齐美观；但两大组线圈不存在交叠，所以，此绕组也称作分割式布线

5.1.7　24槽4极单层交叠式(可分割不等距布线)绕组

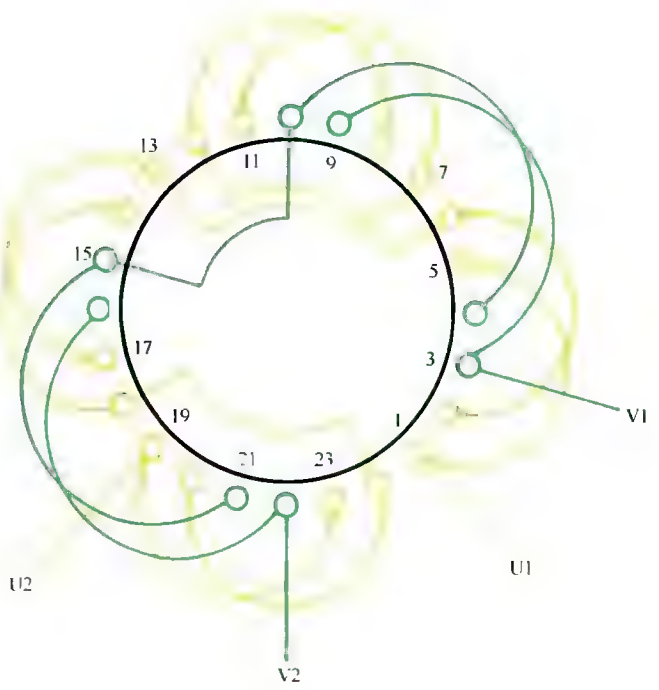


图　5.1.7

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=24$　　线圈组数　$u=6$　　绕组极距　$\tau=6$

电机极数　$2p=4$　　主相每组　$S_U=2$　　线圈节距　$y=4、6$

总线圈数　$Q=12$　　副相每组　$S_V=2$　　绕组系数　$K_{dpU}=0.958$

2. 嵌线方法　本例采用整嵌法，先把主绕组分组整嵌入相应槽内，完成后再把副绕组嵌入，从而使主绕组和副绕组构成两个具有交叠端部的双平面绕组。嵌线顺序见下表：

表 5.1.7　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
下平面槽号		2	6	1	5	20	24	19	23	14	18	13	17	8	12
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
槽号	下平面	7	11												
	上平面			4	10	3	9	16	22	15	21				

3. 绕组特点与应用　本例主、副绕组均由交叠双圈构成，并采用不同的布线形式。主绕组有线圈4组，是显极布线；副绕组仅有线圈两组，且采用同极性串联的接法，故属庶极布线。此外，主、副线圈节距也不相同，即主线圈为短节距，$y_U=4$，副线圈则是全距，$y_V=6$。此绕组主要应用于起动型电动机，但实际应用不多，见用于原(苏)产品的单相电动机。

5.1.8　24槽4极单层交叠式(等距布线)绕组**

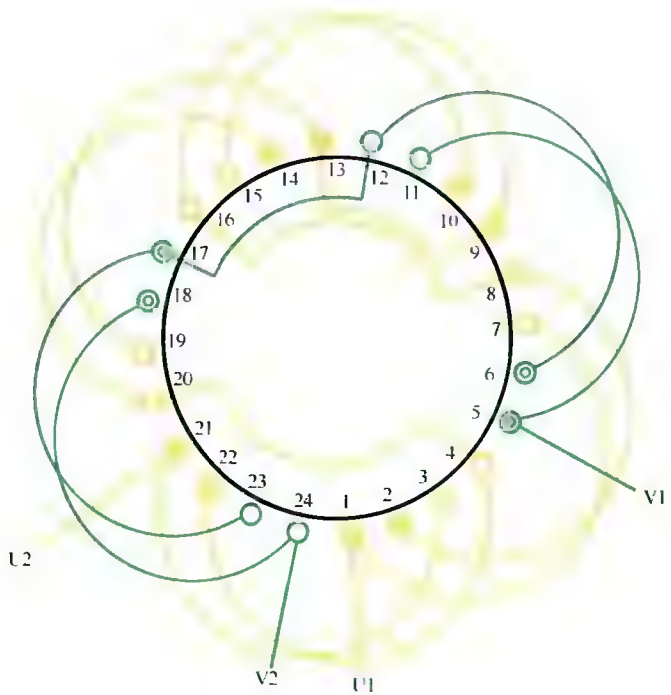


图　5.1.8

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=24$	线圈组数	$u=6$	绕组极距	$\tau=6$
电机极数	$2p=4$	每组圈数	$S=2$	线圈节距	$y=1\sim7$
总线圈数	$Q=12$	极相槽数	$q_1=4$	绕组系数	$K_{w1}=0.837$
			$q_2=2$		$K_{w3}=0.966$

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线，即按嵌2槽，退空2槽再嵌2槽的规律嵌线，嵌线吊边数为2。嵌线顺序见下表：

表5.1.8　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	沉边	2	1	22		21		18		17		14		13		10		9		6		5			
	浮边				4		3		24		23		20		19		16		15		12		11	8	7

3. 绕组特点与应用　24槽4极交叠式的正规布线为不等距，而本例采用等距线圈，故属特殊型式的安排。主、副绕组占槽比为2，即主绕组每极占4槽，副绕组每极占2槽，但每组线圈数均为2，而主绕组用4组线圈以显极布线，组间连接是“头与头”或“尾与尾”相接；副绕组则是庶极布线，对称安排，组间是顺接串联，用两组线圈构成4极。此绕组线圈等节距，可用同规格线模绕制线圈，但线圈节距增长为全距，从而增加了整机用铜量。由于线圈数少，嵌绕比较方便，目前国内外单相排风扇等专用分相电动机中还有应用。

5.2 单相单层同心式绕组布线接线图

单相单层同心式绕组是由大小相套的单层同心线圈构成，故简称单同心绕组。它由单层叠式绕组改变线圈组端部的形式演变而来，它有两种形式：一是每组线圈数相等的同心绕组；另一是由单、双同心圈或三、双同心圈构成的同心交叉式，但其应用实例较少，故亦归纳为同心式绕组

一、绕组参数

(1) 总线圈数　$Q=(S_1-S_2)u/2$

(2) 线圈组数

显极　$u=4p$

(3) 每组圈数　$S=Q/u$

当S=整数时构成每组圈数相等的同心式绕组；若S≠整数则构成同心交叉式绕组。

(4) 绕组系数

$$K_{dp}=\frac{\sin\left(180^\circ\frac{pq_1}{Z}\right)}{q_1\sin\left(180^\circ\frac{p}{Z}\right)}$$

其余符号意义同5.1节

二、绕组特点

(1) 单层同心式绕组用显极布线。特殊布线可用短节距，构成可分割的特殊形式，但除特殊场合外，一般极少应用；

(2) 绕组可应用于运行型和起动型单相电动机。通常，主、副绕组占槽相等时多用于运行型；主、副绕组占槽比为2时常用于起动型；

(3) 同心式线圈组端部处于同一平面，故嵌绕成型后的绕组层次分明，没有交叠，绝缘衬垫比叠式绕组方便；

(4) 运行型主、副绕组系数多数相同；起动型的主绕组系数低于副绕组；

(5) 同心线圈组的平均匝较长，不但耗费线材，而且增加有功损耗；

(6) 由于线圈节距不等，线圈要用不同规格线模绕制，使制作工艺较繁而费工费时。

三、绕组嵌线

同心式绕组均采用整嵌法嵌线，主、副绕组分置于底层和面层而构成双平面绕组。

四、绕组连接

绕组接线要根据布线形式确定，显极布线为反向串联，使同相相邻线圈组的极性相反，即“尾与尾”或“头与头”相接

本节例图的红色线条代表主绕组；绿色线条代表副绕组。

5.2.1　16槽2极单层同心式绕组**

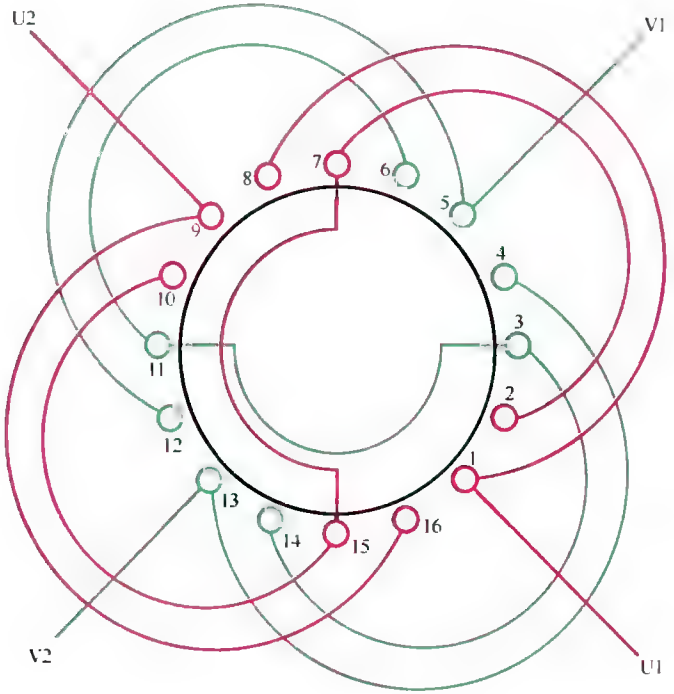


图　5.2.1

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=16$　每组圈数 $S_U=2$　$S_V=2$　线圈节距　$y_U=1-8$

电机极数　$2p=2$　极相槽数 $q_U=6$　$q_V=4$　　$y_V=2-7$

总线圈数　$Q=8$　线圈组数　$u=4$　　绕组系数　$K_{wU}=0.906$

绕组极距　$\tau=8$　　$K_{wV}=0.906$

2. 嵌线方法　绕组采用分层嵌线，先将主绕组的线圈嵌入相应槽内，再把副绕组嵌入相应槽，使主、副绕组的线圈端部分置于下、上两平面。在一组线圈中，习惯上先嵌小线圈，后嵌大线圈，逐组嵌入嵌线顺序见下表：

表 5.2.1　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下层	2	7	1	8	10	15	9	16								
	上层									6	11	5	12	14	3	13	4

3. 绕组特点与应用　本例绕组的主、副绕组占槽相等，绕组系数也相等。主、副绕组均由两组同心线圈组成，每组有两只线圈，整套绕组呈对称分布。此绕组较适用于运行型电动机采用，但实际应用不多，仅见于进口配套设备液泵单相电动机。

5.2.2 18槽2极单层同心式(交叉布线)绕组

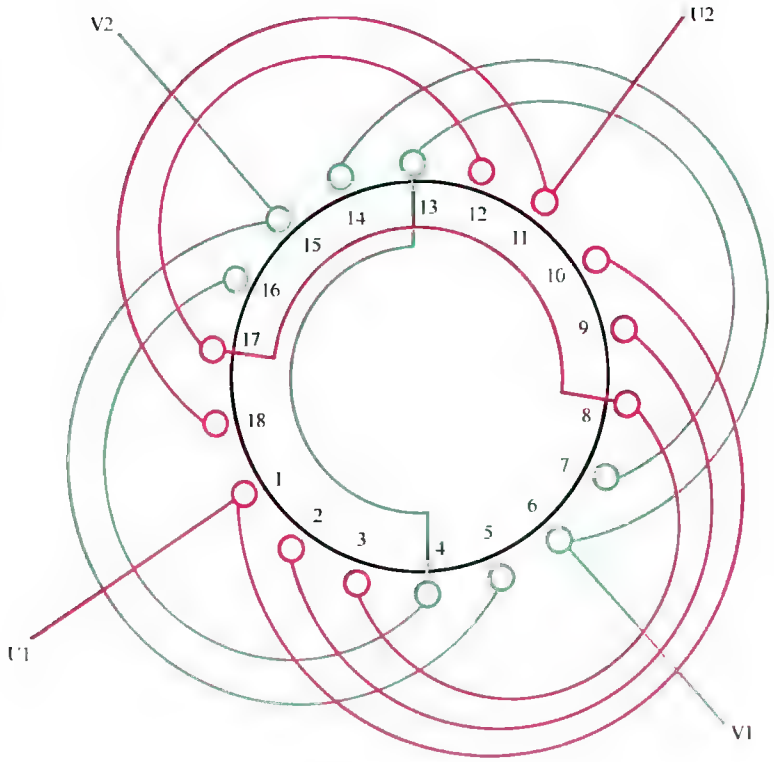


图 5.2.2

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=18$	每组圈数	$S_1=2\frac{1}{2}$	$S_2=2$	绕组极距	$\tau=9$
电机极数	$2p=2$	极相槽数	$q_1=5$		线圈节距	$y_1=9、7、5$
			$q_2=4$			$y_2=8、6$
总线圈数	$Q=9$	线圈组数	$u=4$		绕组系数	$K_{dp1}=0.882$
						$K_{dp2}=0.925$

2. 嵌线方法　绕组采用分层逐组整嵌，嵌线时先嵌主绕组，后嵌副绕组于面，使两套绕组分置于上、下两平面：一组线圈则先嵌同心小线圈，再嵌大线圈。嵌线顺序见下表：

表 5.2.2　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下平面	3	8	2	9	1	10	12	17	11	18								
	上平面											7	13	6	14	16	4	15	5

3. 绕组特点与应用　本例主绕组每极相占5槽，每极线圈为分数，故每组线圈不等分配，即一组为三圈，另一组是双圈；副绕组每极占4槽，每极线圈是整数，故两组线圈数相等，分别由2只同心线圈组成。因此本绕组实质属同心交叉式绕组，可用于运行型或起动型电动机，实际曾用于小型罩极式电动机改绕电容运转电动机

5.2.3　18槽2极单层同心式(空槽布线)绕组**

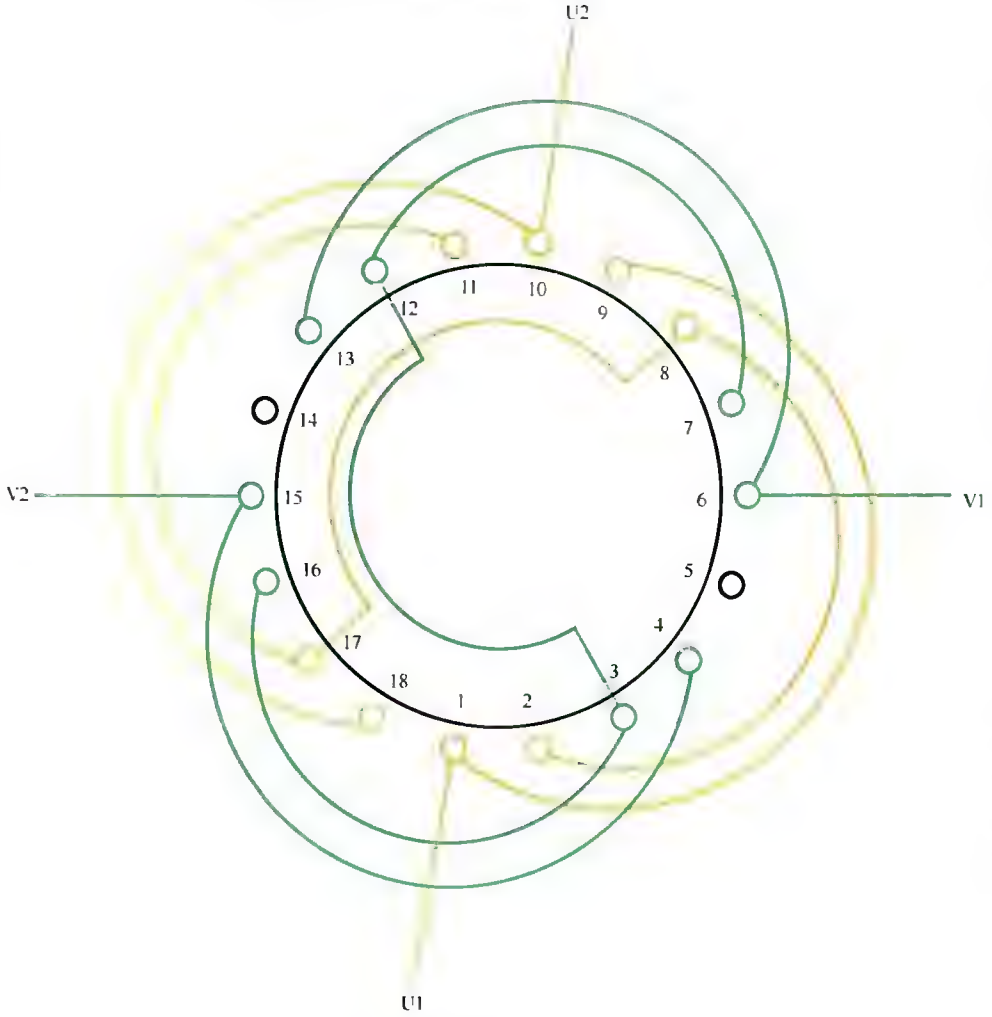


图　5.2.3

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=18$	副相圈数	$S_f=4$
电机极数	$2p=2$	线圈节距	$y_m=8.6$
			$y=7.7$
总线圈数	$Q=8$	绕组极距	$\tau=9$
线圈组数	$u=4$	绕组系数	$K_{dp1}=0.926$
主相圈数	$S_m=4$		$K_{dp3}=0.882$

2. 嵌线方法　本例绕组宜用整嵌法，先嵌主绕组，后嵌副绕组，使两绕组分处上、下平面上。嵌线顺序见下表：

表 5.2.3　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	2	8	1	9	11	17	10	18										
	上平面									7	12	6	13	16	3	15	4		

3. 绕组特点与应用　本例属于非正规布线的电动机绕组。按正规安排单相同心式2极绕组用显极布线时，每相为2组，每组均由2只同心线圈组成，则绕组共占16槽，故嵌绕单相电容运转电动机时将多出的两槽留空。绕组接线是反接串联，即同相两组线圈是“尾与尾”相接。本绕组电气性能并不理想，也没有正规产品，仅作为空槽布线的示例主要应用于小型三相电动机改绕单相作为小型鼓风电动机。为了提高电动机的性能，最好改绕成布线为3 2—A B的正弦绕组。

5.2.4　24槽4极单层同心式(可分割布线)绕组**

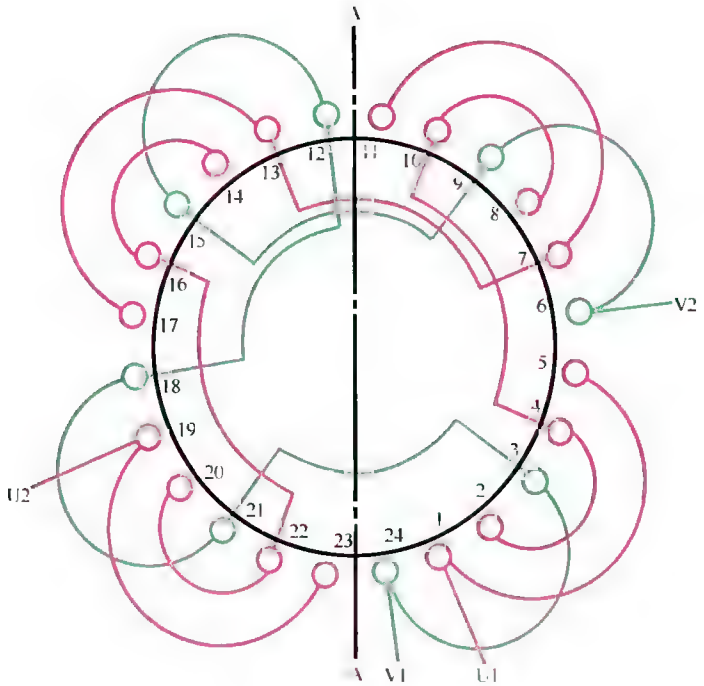


图　5.2.4

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=24$　每组圈数　$S_1=2$　$S_2=1$　绕组极距　$\tau=6$

电机极数　$2p=4$　极相槽数　$q_1=2$　线圈节距　$y_1=1-5$、$2-4$

$q_2=1$　$y_2=1-4$

总线圈数　$Q=12$　线圈组数　$u=8$　绕组系数　$K_{w1}=0.682$

$K_{w2}=0.707$

2. 嵌线方法　嵌线可采用两种方法：

(1) 分相整嵌　先嵌主绕组，后嵌副绕组。嵌线顺序见下表：

表 5.2.4(a)　分相整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	2	4	1	5	20	22	19	23	14	16	13	17	8	10	7	11								
	上层																	6	9	24	3	18	21	12	15

(2) 分组整嵌　每一主、副线圈组为一组，分4组嵌入。嵌线顺序见下表：

表 5.2.4(b)　分组整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	2	4	1	5			20	22	19	23			11	16	13	17			8	10	7	11		
	上层					24	3					18	21					12	15					6	9

3. 绕组特点与应用　本例是显极布线特殊安排的可分割式绕组，它具有如下特点：

(1) 主绕组是同心双圈，副绕组是单圈，并构成一交叠形式线圈组；

(2) 线圈节距最短，不但可省线材，而且嵌线也特别方便；

(3) 绕组为断续相带分布，绕组系数较低，电机性能也较差。

此绕组仅见用于国外小型单相电动机，国内极为罕见，仅供参考。

5.2.5 32 槽 6 极单层同心式（分数）绕组

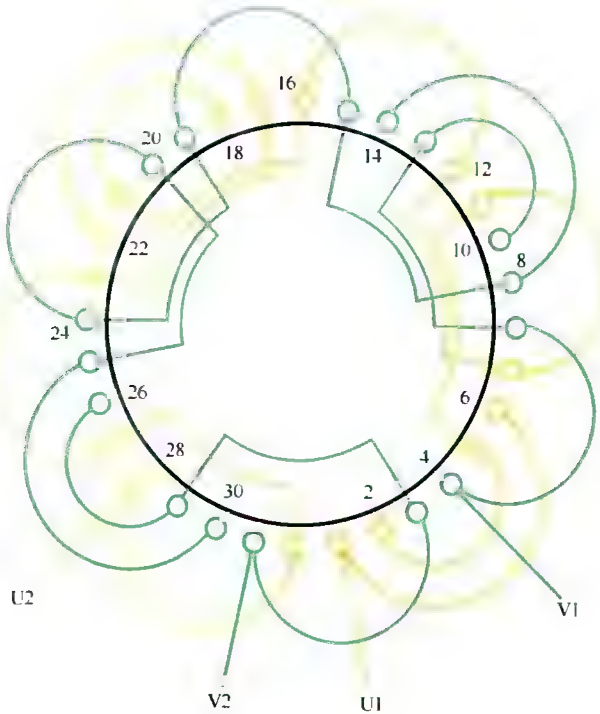


图 5.2.5

1. 绕组参数

定子槽数 $Z=32$ 线圈组数 $u=12$ 绕组极距 $\tau=5\frac{1}{3}$

电机极数 $2p=6$ 主相每组 $S_U=1\frac{1}{3}$ 线圈节距 $y=5$、3、1

总线圈数 $Q=16$ 副相每组 $S_V=1\frac{1}{3}$ 绕组系数 $K_{dp1}=0.914$

2. 嵌线方法　本绕组采用分层整嵌法，先嵌主绕组于下平面，再把副绕组嵌入形成双平面结构。嵌线顺序见下表：

表 5.2.5 整嵌法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
下平面槽号	2	5	1	6	28	32	23	27	18	21	17	22	12	16	7	11
嵌绕次序	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
上平面槽号	31	3	26	29	25	30	20	21	15	19	10	13	9	14	4	8

3. 绕组特点与应用　本例主、副绕组均用相同的显极布线，每相由 2 个同心圈和 4 个单圈对称分布。因此，严格来说既不是完整的同心式，也不属正规的交叉式，而是带⅓分数圈具特殊形式的同心交叉绕组。主、副绕组接线也相同，即相邻组间为反极性串联。此绕组具有结构简单、线圈数少、接线方便等特点。主要应用于配电盘散热冷却用的单相电容电动机。

5.3 单相双层、单双层混合(正弦)绕组布线接线图

单相双层叠式绕组简称双叠绕组，是电机绕组的基本型式，它由形状大小相同的等节距线圈构成，每只线圈两有效边跨距置于两槽上下层，故使端部呈交叠状，故称之。为了改善运行性能，通常选用缩短节距的线圈，这样就产生有的槽有同相线圈边，有的槽则是两个不同相线圈边，这时若将同相两线圈边匝数合并成单层大线圈，则绕组便演变成单双层混合式绕组。如果将单双层线圈组改为同心形式，再将每槽等匝改为按正弦规律分布匝数就演变成正弦绕组

本节遗补内容只收集到双叠和单双层各一例，此处不作介绍，详细说明请参阅本书原版对应节目。下面对单相正弦绕组的结构、特点进行说明：

正弦绕组是每极匝数按正弦规律分布，并采用单双层混合布线的同心式绕组

一、绕组参数

(1) 总线圈数　$Q=2p(S_1+S_2)$

(2) 线圈组数　$u=4p$

(3) 每组圈数　正弦绕组完善的安排为双层形式，即总线圈数等于槽数，图例中称为"满圈"；也可安排部分单层线圈，称为"缺圈"。正弦绕组每组圈数由正弦布线方案确定。

(4) 线圈匝比　$K_n=W_2/W_1\times 10($

式中　S_1——主绕组每组线圈数；

S_2——副绕组每组线圈数；

W_1——每极匝数；

W_2——线圈匝数

此外，绕组系数可根据选用的正弦绕组方案通过查表或计算求取；因其计算复杂，且图例中均已列举，故而从略

二、图例的标题

正弦绕组的标题除以槽数、极数等编排外，还表示布线类型，如

3 2—A B

——线圈安排类型。其中分子表示主绕组为A类(最大线圈节距等于极距)安排；分母表示副绕组为B类(最大线圈节距等于极距减1)安排

———线圈分布规格。其中分子表示主绕组每极(组)由3只线圈组成；分母表示副绕组每极(组)由2只线圈组成

此外，若主、副绕组安排类型为B时，可标示为3 2　B

三、绕组特点

(1) 正弦绕组具有普通单层和双层绕组的综合特征，其组合形式变化甚多，可根据不同需要选用相宜方案；

(2) 正弦绕组具有削减高次谐波干扰的特性，从而使电机的损耗降低、效率提高并改善起动、运行性能等优点，目前已为一般单相电动机及家用电动机普遍采用；

(3) 由于线圈匝数不等，槽满率也不相同，铁心不能充分利用，且给嵌绕工艺带来一定困难

四、绕组嵌线

正弦绕组可用整嵌法或局部交叠法嵌线，但主要采用整圈分层嵌线，即将主绕组嵌于下(底)层，绝缘后再把副绕组嵌于上面，使两绕组端部分置于上、下平面层次，构成双平面绕组。仅有A类安排的绕组采用上下层交叠法嵌入最大节距线圈

五、绕组接线

正弦绕组只采用显极布线，故同相相邻线圈组间均为反接串联，即"尾与尾"或"头与头"相接，使两组极性相反

正弦绕组布线型式可有数十种，本节所列仅为国产一般用途电动机及修理中所搜集到的国内外家用电器用单相电动机的正弦绕组

本节例图采用双色绘制，红色代表主绕组(U1、U2)；绿色代表副绕组(V1、V2)。

5.3.1　16 槽 4 极($y=3$)双层叠式绕组

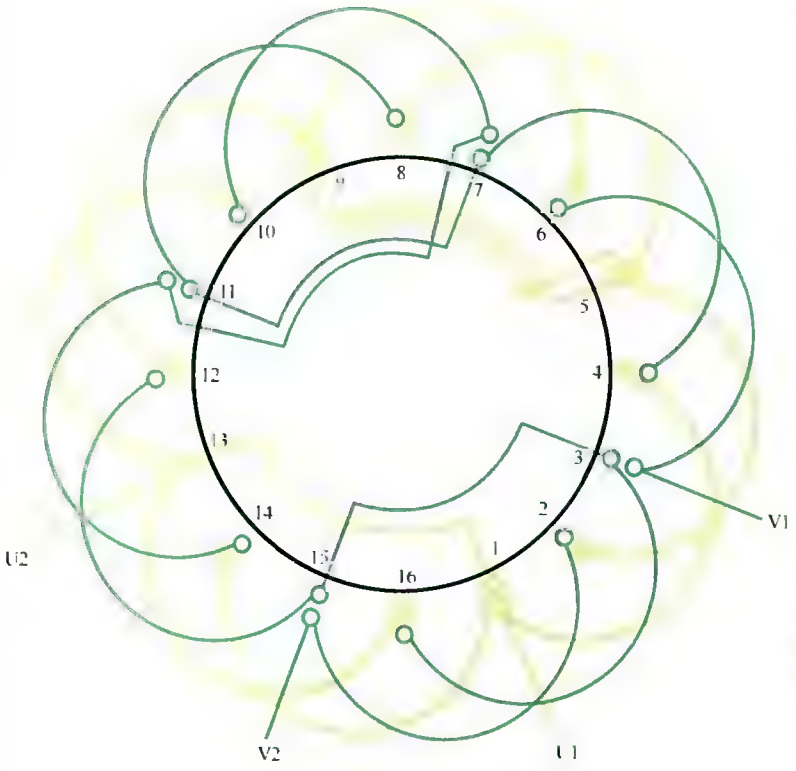


图　5.3.1

1. 绕组参数

定子槽数 $Z=16$　每组圈数 $S_1=2$　$S_2=2$　线圈极距 $\tau=4$

电机极数 $2p=4$　极相槽数 $q_1=2$　$q_2=2$　线圈节距 $y=1$　4

总线圈数 $Q=16$　线圈组数 $u=8$　绕组系数 $K_{w1}=0.85$

$K_{w2}=0.85$

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线。吊边数为 3。即嵌好一槽向后退，连续嵌入 3 个线圈单边后(线圈另一有效边吊起，暂不嵌入)，从第 4 个线圈开始整嵌，并依次逐槽嵌至完成。嵌线顺序见下表：

表 5.3.1　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下层	2	1	16	15		14		13		12		11		10		9
	上层					2		1		16		15		14		13	
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
嵌入槽号	下层		8		7		6		5		4		3				
	上层	12		11		10		9		8		7		6		1	3

3. 绕组特点与应用　本例为主、副绕组占槽比相等的布线方案，而且每组线圈数相等，均由两只交叠线圈组成。绕组采用缩短极距的短节距线圈，能比较有效地削减 3、5 次谐波影响而获得较好的运行性能。此绕组适用于运行型单相电动机，应用实例有早期生产的 400 型排风扇单相电容运转电动机

5.3.2　24槽4极单双层混合式(同心布线)绕组

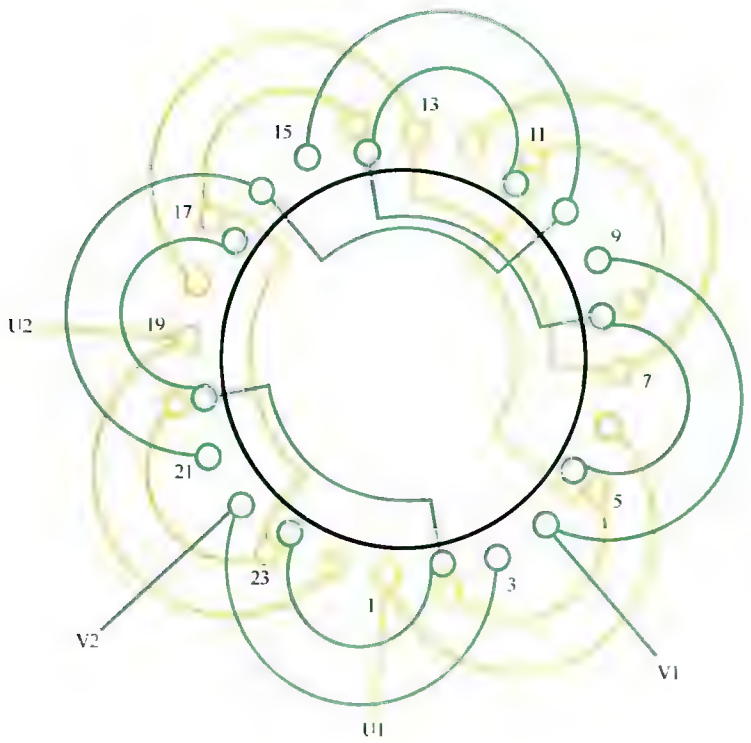


图　5.3.2

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=24$	线圈组数	$u=8$	线圈节距	$y_1=1\quad 6$
					$y_2=2—5$
电机极数	$2p=4$	每组圈数	$S=1\frac{1}{2}$	绕组极距	$\tau=6$
总线圈数	$Q=16$	极相槽数	$q=2$	绕组系数	$K_{dp1}=0.879$
					$K_{dpV}=0.879$

2. 嵌线方法　绕组采用整嵌法嵌线。先将主绕组嵌入相应槽内，衬垫层间绝缘后再嵌副绕组。使主、副绕组端部分置于上、下平面层次。嵌线顺序见下表：

表 5.3.2　整嵌法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
下层槽号	2	5	1	6	20	23	19	24	11	17	13	18	8	11	7	12
嵌绕次序	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
上层槽号	5	8	4	9	23	2	22	3	17	20	16	21	11	14	10	15

3. 绕组特点与应用　主、副绕组均采用相同型式的短节距线圈布线。每组由两只同心线圈组成，其中大线圈为单层；小线圈为双层因大线圈节距小于极距，在单双层中属B类绕组安排。每相绕组中的线圈组数等于极数，属显极式布线，故同相线圈间应为反极性，即采用"尾与尾"或"头与头"相接。由于线圈节距短，不但节省铜线，嵌线也较方便，而且杂散损耗较小，电动机运行性能也较好。常用于普及型洗衣机的电容运转电动机

5.3.3　24槽6极(y_p=3)单双层混合式(交叉布线)绕组

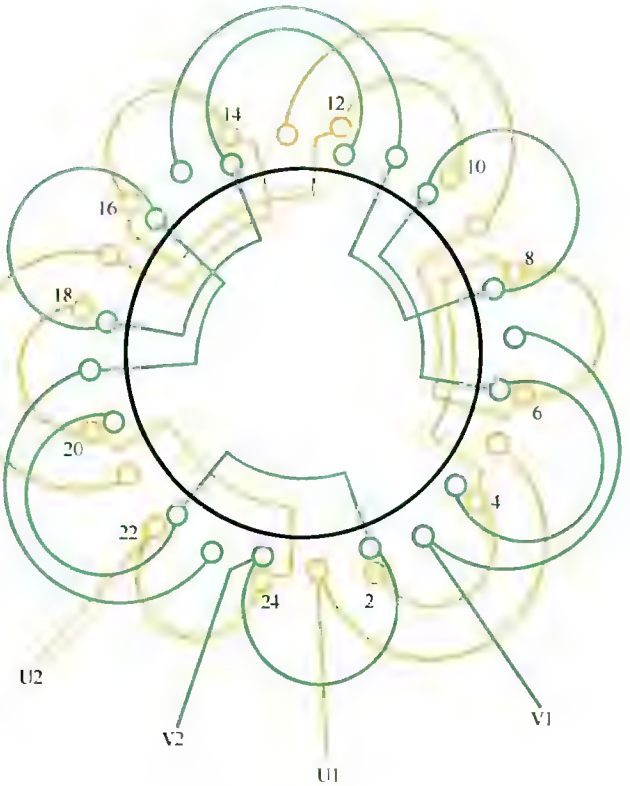


图　5.3.3

1. 绕组参数

定子槽数　Z=24　线圈组数　u=6　绕组极距　τ=4

电机极数　$2p$=6　主相每组　S_p=1½ 线圈节距　y=4、2

总线圈数　Q=18　副相每组　S_v=1½ 绕组系数　K_{dp}=0.76

2. 嵌线方法　本例采用分层整嵌，先把主绕组嵌入相应槽内，使其端部呈现于同一平面；再将副绕组按图嵌入构成上层平面。嵌线顺序见下表：

表 5.3.3　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	22	24	18	20	17	21	14	16	10	12	9	13	6	8	2	1	1	-
	上层																		
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层																		
	上层	21	2	20	22	19	23	16	18	12	14	11	15	8	10	4	6	3	7

3. 绕组特点与应用　本例是从节距3槽的双叠绕组演变而来，构成单双圈交叉形式的单双层绕组。每相由单、双圈交替分布，6组线圈显极布线，即相邻线圈组极性相反。此绕组较双叠布线可减少6只线圈，同时还可采用分层整嵌，从而缩短了重绕的工时。本例为运行型绕组，可用于单相电容运转电动机。

5.3.4　12 槽 2 极 2/2—B 正弦绕组[*]

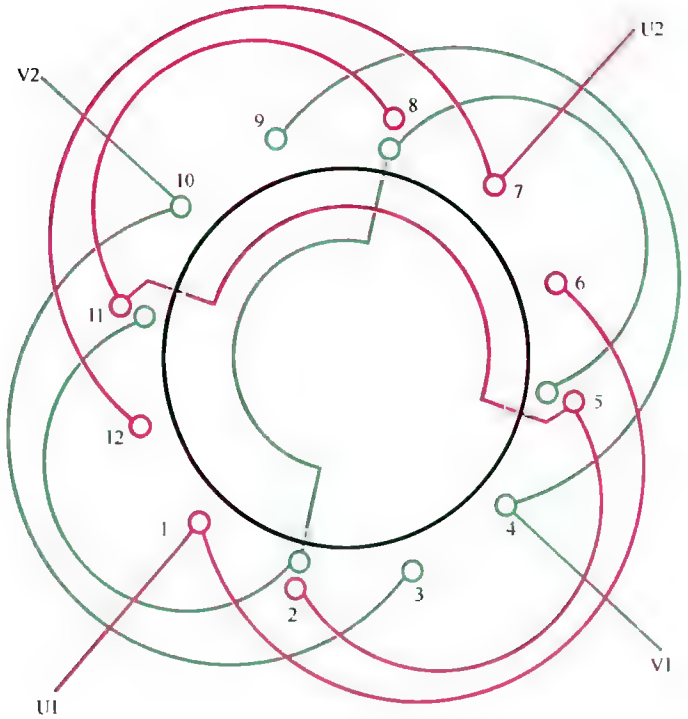


图　5.3.4

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=12$	线圈组数	$u=4$	极相槽数	$q=3$
电机极数	$2p=2$	每槽电角	$\alpha=30°$	绕组极距	$\tau=6$
总线圈数	$Q=8$	每组圈数	$S_t=2$		
			$S_b=2$		

主、副绕组布线方案及每极线圈匝比见下表：

主绕组				副绕组			
布线类型	节距	K_{p1}	K_{dp1}	布线类型	节距	K_{p2}	K_{dp2}
2B	1～6	0.577	0.856	2B	4～9	0.577	0.856
	2～5	0.423			5～8	0.423	

2. 嵌线方法　绕组采用分层整嵌，即先将主绕组嵌入相应槽内，再嵌副绕组于面层，使两绕组端部分置于上下两平面。嵌线顺序见下表：

表 5.3.4　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下平面	2	5	1	6	8	11	7	12								
	上平面									5	8	4	9	11	2	10	3

3. 绕组特点与应用　主、副绕组布线方案相同，均采用 B 类缺 1 圈布线。绕组占槽率较低，消除高次谐波的效果不够理想；但绕组系数较高，且线圈数较少，嵌绕比较方便。一般应用较少，主要实例有 F　16 型仪用风扇单相电容电动机

5.3.5　18 槽 2 极 3/2—A/B 正弦绕组

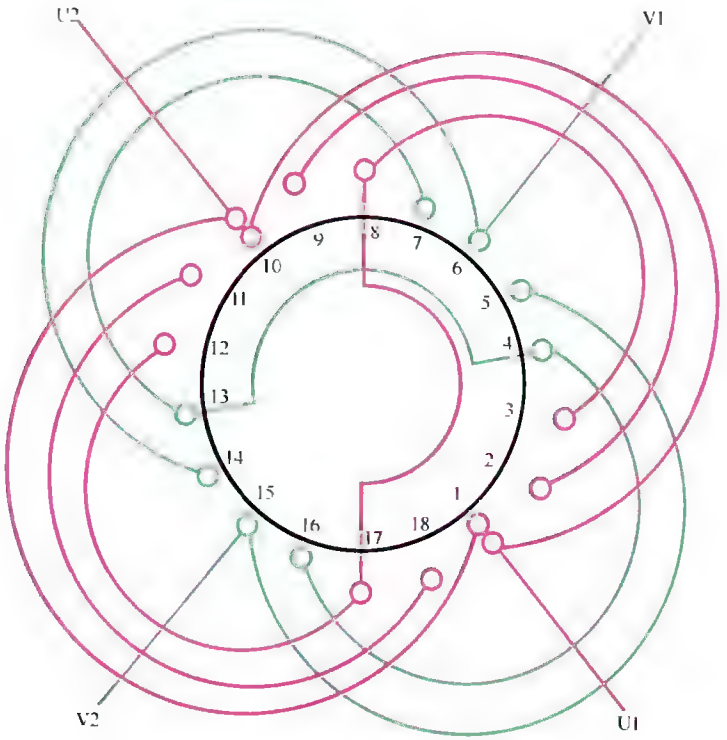


图　5.3.5

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=18$	线圈组数	$u=4$	极相槽数	$q=4\frac{1}{2}$
电机极数	$2p=2$	每槽电角	$\alpha=20°$	绕组极距	$\tau=9$
总线圈数	$Q=10$	每组圈数	$S_1=3$		
			$S_2=2$		

主、副绕组布线方案及每极线圈匝比见下表：

主绕组				副绕组			
布线类型	节距	K	K_{dp1}	布线类型	节距	K_{u2}	K_{dp2}
3A	1～10	22.7	0.893	2B	6～14	52.2	0.928
	2～9	12.6			7～13	47.8	
	3～8	31.7					

2. 嵌线方法　绕组分层整嵌，但主绕组的最大节距线圈为同相同槽，可用交叠嵌法或整嵌法，本例选用整嵌。嵌线顺序见下表：

表 5.3.5　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
嵌入槽号	下层	3	8	2	9	1	12	17	11	18	10										
	上层											1	10	13	7	14	6	16	4	15	5

3. 绕组特点与应用　本例主、副绕组采用不同类型的布线方案，主绕组为 A 类，最大线圈节距等于极距，是同相同槽线圈；副绕组为 B 类安排。绕组缺圈较多，除主绕组大线圈为双层外，其余线圈均为单层，虽便于嵌绕，但不能完全削减高次谐波影响，尤以 3 次谐波分量较大，但绕组系数较高。此绕组应用较少，曾见于 B0 系列阻抗起动电动机。

5.3.6　18 槽 2 极 4/4—A/B 正弦绕组**

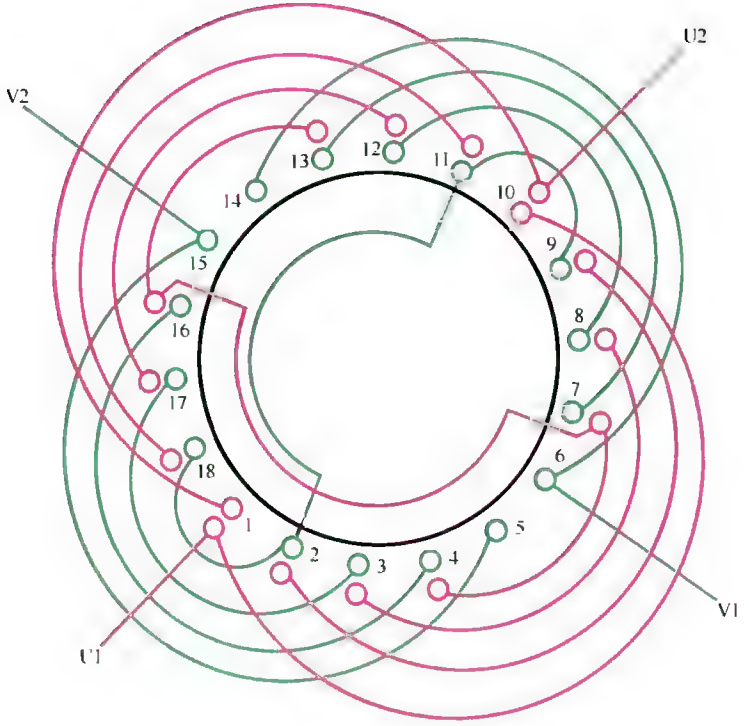


图　5.3.6

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=18$	线圈组数	$u=4$	极相槽数	$q=4\frac{1}{2}$
电机极数	$2p=2$	每槽电角	$\alpha=20°$	绕组极距	$\tau=9$
总线圈数	$Q=16$	每组圈数	$S_1=4$		
			$S_2=4$		

主、副绕组布线方案及每极线圈匝比见下表：

主绕组				副绕组			
布线类型	节距	K_{u1}	K_{dp1}	布线类型	节距	K_{u2}	K_{dp2}
1A	1～10	18.5	0.82	1B	6～11	34.6	0.793
	2～9	34.7			7～13	30.6	
	3～8	28.3			8～12	22.7	
	4～7	18.5			9～11	12.1	

2. 嵌线方法　绕组采用分层嵌线，但主绕组最大节距线圈有两种嵌法，本例采用交叠嵌线。嵌线顺序见下表：

表 5.3.6　分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下层	1	7	3	8	2	9	1	13	16	12	17	11	18	10		
	上层															1	10
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
嵌入槽号	下层																
	上层	9	11	8	12	7	13	6	14	18	2	17	3	16	4	15	5

3. 绕组特点与应用　主、副绕组采用不同的布线方案。主绕组为 A 类布线，缺 1 圈，不能完全消除 3、5、7 次谐波分量；副绕组为满圈 B 类布线，绕组系数稍低于主绕组，但能较有效地削减高次谐波干扰。应用实例主要有 CFP-1-120 砂轮机用单相电动机。

5.4 单相分布式罩极绕组布线接线图

罩极绕组是单相绕组的特殊结构型式。它的主绕组就理论而言，可采用所有单相绕组的布线型式，但由于规格有限，而且定子铁心较小，实用上主要选用同心式绕组；目前在产品电机中，为改善并提高运行性能，一般都采用正弦绕组布线。副绕组不与电源直接交连而自行短接闭合，它嵌置于极面槽内，罩住1/3～3/4极面，故称罩极。

一、绕组参数

罩极式电动机是凸极式和隐极式。前者为结构简单的集中式绕组，其罩极绕组为单匝短路环；本节范例为隐极式，定子铁心与普通电动机相同，主绕组是正弦布线；副绕组采用的分布形式变化较多，既有单匝，也有多匝布线的

(1) 主绕组线圈数 $Q_1=2pS_1$

(2) 主绕组线圈组数 $u=2p$

(3) 每极线圈数 S_1 由主绕组选定的正弦布线方案确定；

(4) 罩极线圈数 S_2 是指分布式罩极线圈的总线圈数；

(5) 每槽电角度 $\alpha=\dfrac{2p\times 180^\circ}{Z}$

(6) 罩极绕组偏角 θ 是指罩极偏移主绕组磁极中心的电角度，一般以 $\theta=45^\circ$ 较为理想

主绕组布线方案与正弦绕组相同，可参考上节内容叙述

二、绕组特点

(1) 主绕组特点可参阅正弦绕组部分所述；

(2) 主绕组为显极式布线，相邻组间连接是反向串联，即“尾接尾”或“头接头”；

(3) 罩极绕组视具体情况而设计成单匝线圈或多匝线圈、单圈罩极或多圈罩极以及短距罩极或长距罩极等多种形式；

(4) 罩极电动机除凸极式采用裸导体制作短路环外，分布式罩极线圈必须选用绝缘导线绕制；

(5) 罩极绕组的安排是罩极电动机性能好坏的重要因素，如取偏角 θ 大则起动性能好而运行性能较差；反之，起动性能较差。

三、绕组嵌线

罩极电动机绕组采用分层嵌线。主绕组用线模绕制线圈后嵌入相应槽的下层，操作时先嵌同组中的小线圈，逐级嵌入，最后才嵌最大的线圈。罩极绕组因匝数仅为一至数匝，故一般不用模绕，而是用手将绝缘导线直接嵌绕入槽的面层，并采用连绕工艺：即绕完一线圈后不把导线剪断，而继续绕第二、第三线圈，全部绕完后将始端和末端短接焊牢，成为闭合回路。

四、应用

罩极电动机起动转矩小、运行效率低且耗能大，其性能不如其它单相电动机；但它的结构简单，制造成本也较低，若设计合理则故障甚少。在某些出力不大的场合仍不失为一种与其性能相适应的使用机种。它主要用于小型鼓风机、吹风机之类。

罩极电动机的转向取决于罩极与主绕组的相对位置，与绕组接线无关。其转向是从主绕组轴线转向近邻的罩极绕组轴线。

本节分布式罩极电机绕组例图由双色绘制，黄色代表主绕组；绿色代表罩极绕组。

5.4.1　12 槽 2 极 2B/1 正弦分布罩极式绕组[1]

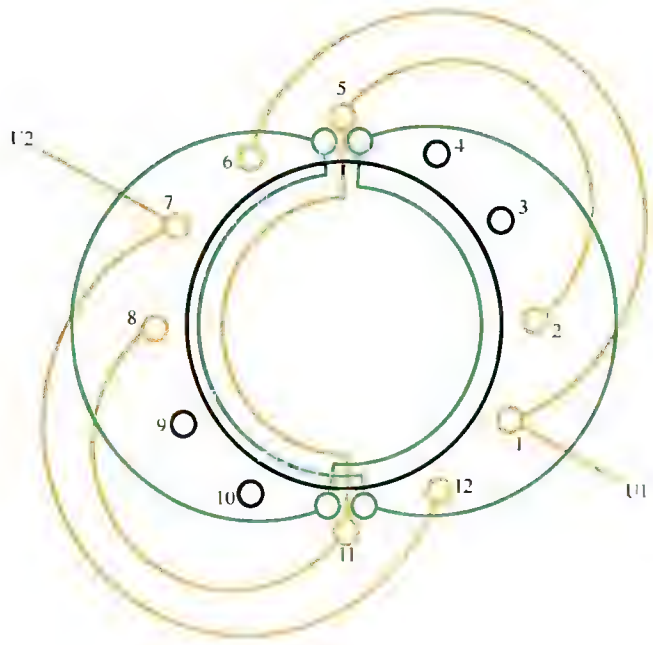


图　5.4.1

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=12$　　主圈组数　$u=2$　　每槽电角　$\alpha=30°$

电机极数　$2p=2$　　每组圈数　$S_1=2$　　罩极偏角　$\theta=45°$

主线圈数　$Q_1=4$　　罩极圈数　$S_2=2$

主绕组正弦布线方案见下表：

布线类型	极距 τ	节距 y	K_q	K_{dp}
2B[1]	6	1—6	57.7	0.856
		2—	12.3	

[1] 同正弦绕组

2. 嵌线方法　　采用分层嵌线。主绕组整嵌入相应槽内，衬垫绝缘后再手绕嵌于面。主绕组的嵌线顺序见下表：

表 5.4.1　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
嵌入槽号	下层	2	5	1	6	8	11	7	12				
	上层									11	8	11	5

3. 绕组特点与应用

(1) 每极只用 2 只线圈，绕组系数较高；但定子空出 4 槽，铁心有效利用率较低；

(2) 主绕组采用 2B 正弦布线安排，仍然存在较强的 3、5、7 次谐波分量；

(3) 罩极线圈采用长跨距布线，有利于在有限圈数的条件下获得较大的绕组电阻；而且全部安排在主绕组匝数较少的槽，使槽的有效截面积能较充分利用；

(4) 罩极绕组磁极偏角满足 45°的要求，能使电动机获得相应的起动、运行性能。

此方案主要用于微型电机，常作为小型仪表盘的风扇电动机。

5.4.2　12 槽 2 极 3Λ/1 正弦分布罩极式绕组

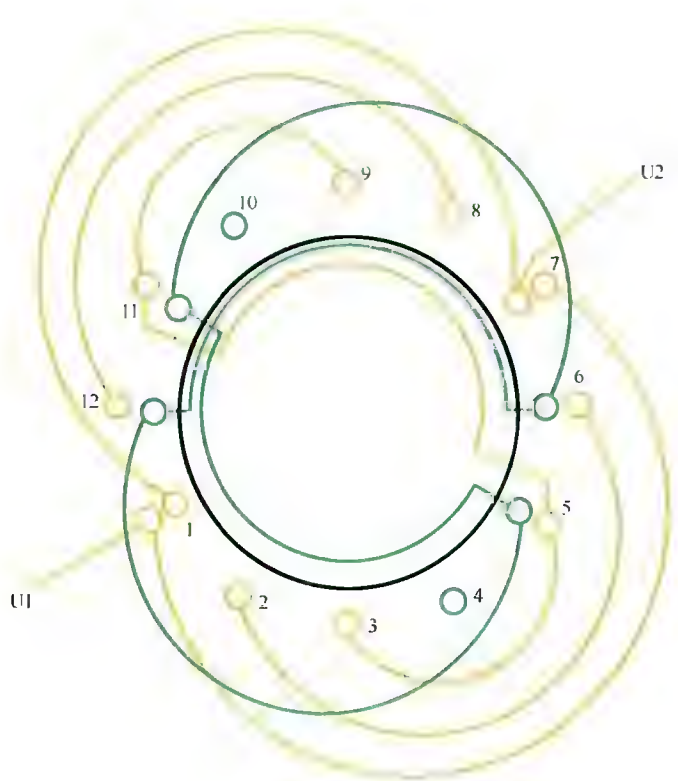


图　5.4.2

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=12$	主圈组数	$u=2$	每槽电角	$\alpha=30^{\circ}$
电机极数	$2p=2$	每组圈数	$S_1=3$	罩极偏角	$\theta=45^{\circ}$
主线圈数	$Q_1=6$	罩极圈数	$S_2=2$		

主绕组正弦布线方案见下表：

布线类型	极距 τ	节距 y	k_p	k_d
3Λ	6	1—7	26.8	0.804
		2—6	46.4	
		3—5	26.8	

2. 嵌线方法　　主绕组采用整圈嵌线，嵌线顺序见下表：

表 5.4.2　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下层	3	5	2	6	1	7	9	11	8	12						
	上层											7	1	12	5	11	6

3. 绕组特点与应用

（1）主绕组为 A 类正布满圈布线，每极由 3 只线圈组成，能有效地消除 3、5、7、9 次谐波干扰，可明显地改善电机性能；

（2）电机主绕组极面拓宽后，电动机旋转运行比较稳静，但绕组系数较低；

（3）罩极线圈安排在 4 个槽内，既满足罩极 15°偏角的要求，又能较好的利用槽的有效面积。本例绕组曾用于罩极电动机改绕。

5.4.3　16 槽 2 极 4B/1 正弦分布罩极式绕组

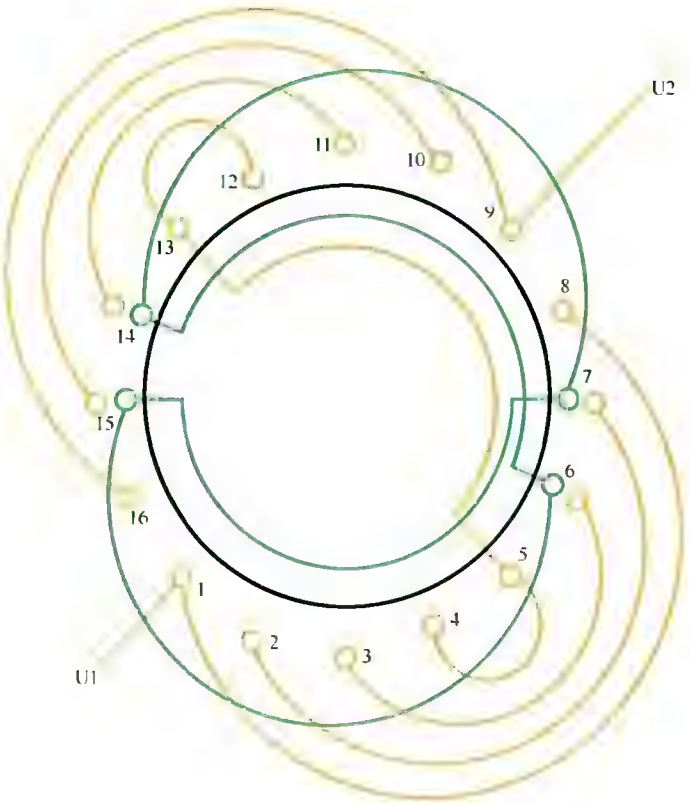


图　5.4.3

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=16$　主圈组数　$u=2$　每槽电角　$\alpha=22.5°$

电机极数　$2p=2$　每组圈数　$S_u=4$　罩极偏角　$\theta=45°$

主线圈数　$Q_u=8$　罩极圈数　$S_j=2$

主绕组正弦布线方案见下表：

布线类型	极　距　τ	节　距　y	K_u	K_p
4B	8	1　8	38.3	0.78
		2　7	32.4	
		3　6	21.7	
		1　5	7.6	

2. 嵌线方法　　先嵌主绕组，后绕罩极线圈，嵌线顺序见下表：

表　5.4.3

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
嵌入槽号	下层	4	5	3	6	2	7	1	8	12	13	11	14	10	15	9	16				
	上层																	7	14	6	15

3. 绕组特点与应用

(1) 主绕组为 B 类满圈安排，能基本消除高次谐波影响，电机有较好的电气性能；

(2) 绕组占槽率高、无空槽，铁心有效利用率也高，但绕组系数低，铜耗较大；

(3) 主绕组线圈多而需 4 个塔模绕制，且有节距为 1 槽的小线圈，嵌绕费工费时；

(4) 罩极绕组安排于匝数较少的槽中，槽面积能合理利用；

(5) 罩极绕组偏角满足 45°，能兼顾到起动和运行性能

本方案主要应用于小型鼓风机的单相电动机。

5.4.4　24 槽 2 极 4B/3 正弦分布罩极式绕组[***]

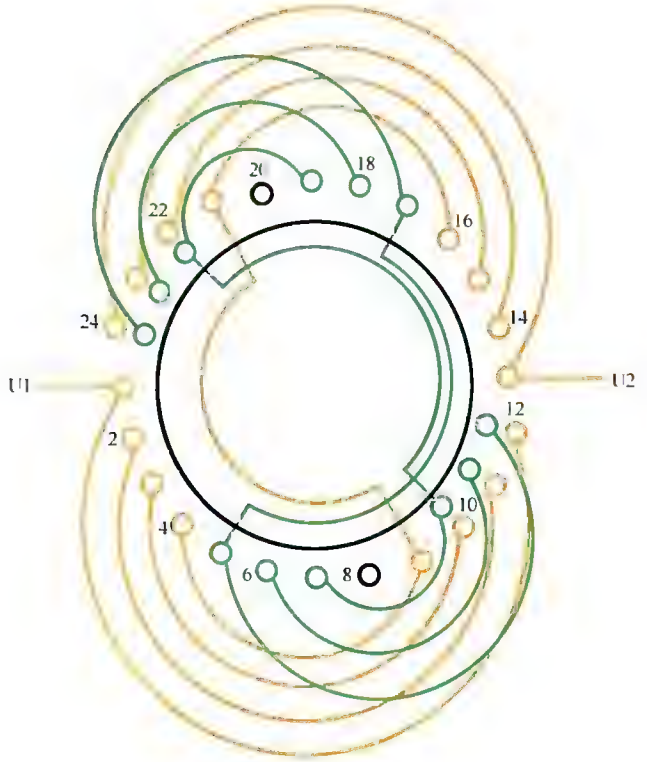


图　5.4.4

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=24$	主圈组数	$u=2$	每槽电角	$\alpha=15°$
电机极数	$2p=2$	每组圈数	$S_U=4$	罩极偏角	$\theta=30°$
主线圈数	$Q_z=8$	罩极圈数	$S_j=6$		

主绕组正弦布线方案见下表：

布线类型	极　距　τ	节　距　y	K_{u1}	K_{dp}
4B	12	1　12	29.9	0.855
		2　11	27.8	
		3　10	21	
		4　9	18.3	

2. 嵌线方法　　先嵌主绕组，嵌线顺序如下表；衬垫绝缘后用手绕嵌罩极绕组。

表 5.4.4　整嵌法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
下层槽号	4	9	3	10	2	11	1	12	16	21	15	22	14	23	13	24
嵌绕次序	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28				
上层槽号	5	12	6	11	7	10	22	19	23	18	21	17				

3. 绕组特点与应用

(1) 主绕组采用正弦 B 类缺 2 圈布线，但每极槽数多，气隙仍能形成近似正弦磁势，但仍有 3 次谐波影响；

(2) 定子有 2 个空槽及 6 个单层半空槽，占槽率和铁心利用率都较低；

(3) 罩极采用多圈长距布线，每极圈数为 3 圈，串联线匝较长，故常用较粗的绝缘导线绕制；

(4) 罩极偏角仅为 30°，只适用于空载起动场合；若嫌起动转矩不足，可将罩极线圈组逆时向移动 1 槽，使偏角达到 45°，将有利于改善电动机的起动性能。

本例绕组取材于食堂煤炉鼓风机用的单相电动机。

5.4.5　12 槽 4 极 2A/1 正弦分布罩极式绕组***

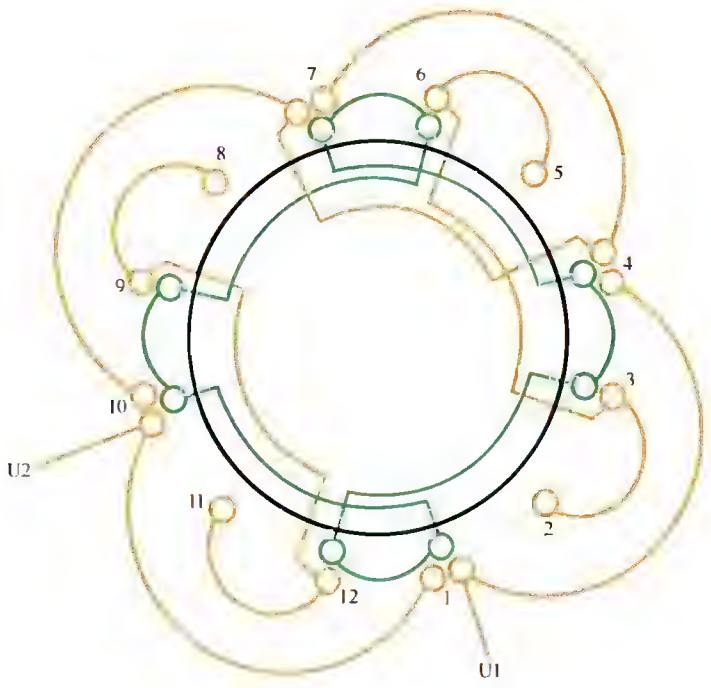


图　5.4.5

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=12$　　主圈组数　$u=4$　　每槽电角　$\alpha=60°$

电机极数　$2p=4$　　每组圈数　$S_M=2$　　罩极偏角　$\theta=60°$

主线圈数　$Q_M=8$　　罩极圈数　$S_1=4$

主绕组正弦布线方案见下表：

布线类型	极距 τ	节距 y	K_{y1}	K_{dp}
2A	3	1　4	50	0.75
		2　3	50	

2. 嵌线方法　　先将主绕组嵌入相应槽内，衬垫绝缘后再用手绕法直接把罩极线圈的规定匝数绕嵌在相应槽的面层。主绕组的整嵌顺序见下表：

表 5.4.5　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	2	3	1	4	11	12	10	1	8	9	7	10	5	6	4	7								
	上层																	4	3	12	1	10	9	6	7

3. 绕组特点与应用

（1）12 槽定子绕制 4 极电机，每极仅占 1½ 槽，由于每极槽数少，虽用 A 类布线，仍无法形成完整的正弦磁势，故电气性能不够理想；

（2）每极只有 2 只线圈，而且大、小线圈的线径、匝数相同，绕制较方便；

（3）绕组占槽率高，且每槽电角度也高，故绕组系数很低，将会因匝数增加而使电机铜损增大；

（4）罩极线圈为每极单圈短节距安排，罩极绕组无法满足 15° 偏角的要求，起动性能较好但未能兼顾到运行性能

此绕组只适用于微容量、轻起动的场合；仅见用于仪用扇风机

5.4.6　12 槽 4 极 2A/1 正弦分布罩极式(双转向)绕组***

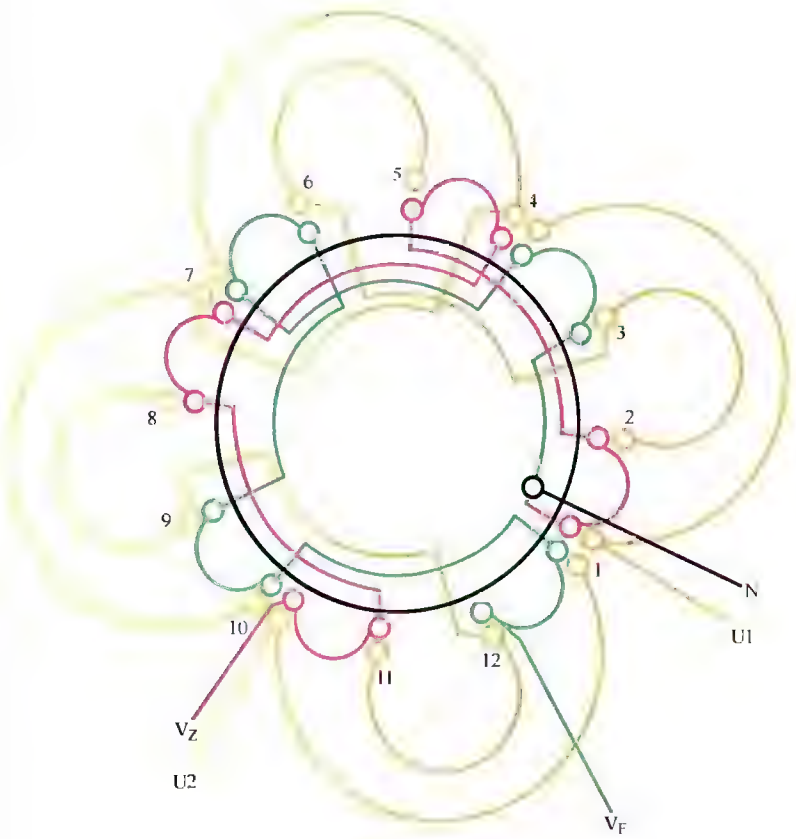


图　5.4.6

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=12$　　主圈组数　$u=4$　　每槽电角　$\alpha=60°$

电机极数　$2p=4$　　每组圈数　$S_u=2$　　罩极偏角　$\theta=60°$

主线圈数　$Q_1=8$　　罩极圈数　$S_z=8$

主绕组正弦布线方案见下表：

布线类型	极距 τ	节距 y	K_u	K_{dp}
2A	3	1　1	50	0.75
		2　3	50	

2. 嵌线方法　　先嵌主绕组，嵌线顺序见下表。罩极绕组分两组，分别按图用手绕嵌。

表 5.4.6　整嵌法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
下层槽号	2	3	1	4	11	12	10	1	8	9	7	10	5	6	4	7
嵌绕次序	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
上层槽号	12	1	10	9	6	7	1	3	10	11	8	7	4	5	2	1

3. 绕组特点与应用　　绕组特点同上例。但本例为双转向罩极方案，罩极绕组有两套，一套为正转(图中红色线圈)，引出线 V_Z；另一套为反转(图中绿色线圈)，引出线 V_F；两组另一端连结为公共点，并引出线 N。因此，本例绕组与一般罩极绕组不同，它的首尾不是自行短接，而是通过外部附加的双投开关进行短路。即正转时将 V_Z 和 V_F 短接，使 V_Z-N 罩极绕组工作；若 V_F N 短接，则电动机反转。

本例无产品，但曾用于展览馆立体模型而改绕的双转向罩极电动机。

5.4.7　24 槽 4 极 2B/2 正弦分布罩极式绕组

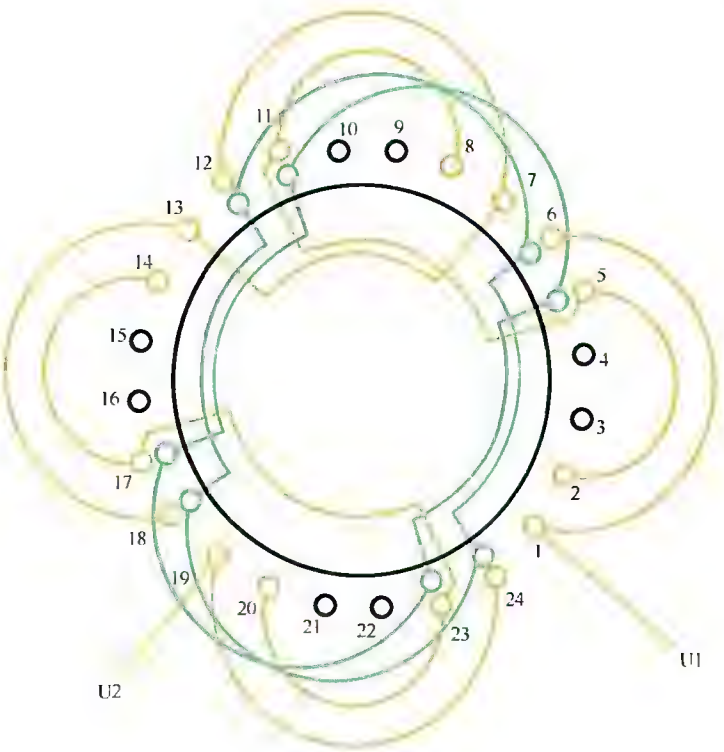


图　5.4.7

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=24$　　主圈组数　$u=4$　　每槽电角　$\alpha=30°$

电机极数　$2p=4$　　每组圈数　$S_t=2$　　罩极偏角　$\theta=30°$

主线圈数　$Q_t=8$　　罩极圈数　$S_j=4$

主绕组正弦布线方案见下表：

布线类型	极　距　τ	节　距　y	K_u%	K_{dp}
2B	6	1　6	57.7	0.856
		2　5	42.3	

2. 嵌线方法　　先嵌主绕组，后绕罩极绕组。主绕组嵌线顺序见下表：

表 5.4.7　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	2	5	1	6	20	23	19	24	14	17	13	18	8	11	7	12								
	上层																	6	12	18	24	5	11	17	23

3. 绕组特点与应用

（1）主绕组采用 B 类正弦绕组缺圈布线，气隙不能形成完整的正弦磁势，且高次谐波分量较大；

（2）主绕组每极只有 2 只线圈，嵌绕比较方便，且绕组系数较高，但空槽多，铁心槽的利用率较低；

（3）罩极绕组采用长节距线圈，其布线形式近似于庶极，它的匝长适中，两组线圈交叉接成两个自行闭合的回路，是一种较新颖的罩极形式；

（4）罩极绕组偏角较小，仅为 30°；电动机运行性能较好，但只适用于空载起动的场合

本绕组见于通风机用的单相电动机

5.4.8　24 槽 4 极 3A/1 正弦分布罩极式绕组[***]

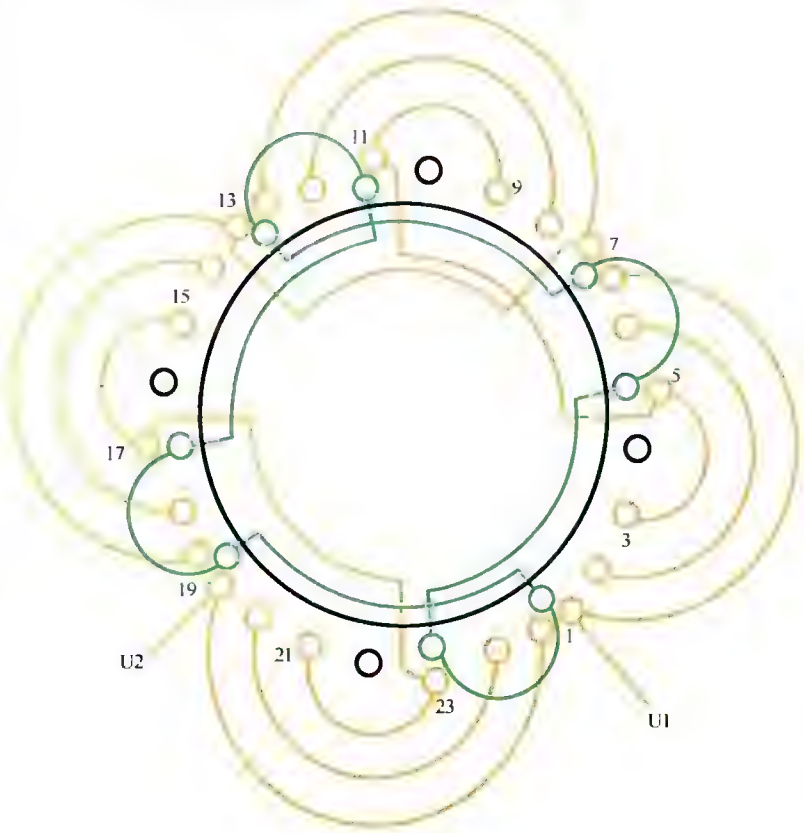


图　5.4.8

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=24$	主圈组数	$u=4$	每槽电角	$\alpha=30°$
电机极数	$2p=4$	每组圈数	$S_0=3$	罩极偏角	$\theta=60°$
主线圈数	$Q_1=12$	罩极圈数	$S_2=4$		

主绕组正弦布线方案见下表。

布线类型	极　距 τ	节　距	K	K_p
3A		1　7	26.8	0.894
		2　6	16.1	
		3　5	26.8	

2. 嵌线方法　　主绕组先嵌入相应槽内，嵌线顺序见下表：

表 5.4.8　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下层	3	5	2	6	1	7	21	23	20	24	19	1	15	17	11	18
	上层																
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
嵌入槽号	下层	13	19	9	11	8	12	7	13								
	上层									7	5	23	1	19	17	11	13

3. 绕组特点与应用

（1）主绕组为正弦 A 类满圈布线，能基本消除 3、5、7、9 次谐波干扰而获得较好的电气性能；

（2）由于绕组构成原因使定子空出 4 槽，并呈 90° 几何对称分布，从而降低了铁心利用率；

（3）罩极采用单圈短距布线，罩极偏角 θ 达到 60°，故具有较大的起动转距；若在空载起动的场合，也可改为 45° 偏角，即将罩极线圈节距增长 1 槽，使原来双层的罩极边移入空槽，则对电动机运行性能有所改善。

主要应用实例有鼓风机。

5.5 单相电扇抽头式调速绕组布线接线图

单相调速电扇是电容运转电动机的一种特殊型式，它是在8槽4极双链绕组和16槽4极单链绕组的基础上增加一个近似于内置电抗器的调速绕组，并利用抽头的形式改变其串联匝数进行调速。故调速是在额定转速之内调降转速的，因其适宜于转速随负载下降的特性，所以只能应用于扇类的负载，如各种调速电扇。

一、绕组参数

(1) 总线圈数　抽头调速电动机主要是4极绕组并采用8槽或16槽定子，近年有部分也用12槽定子。一般来说，主绕组为显极，无论是单层或双层布线都有1只线圈；而副绕组则有显极，也有庶极，故有用1圈或2圈；调速绕组圈数与极数无关，一般在2-8圈，视具体调速型式而定

(2) 绕组组数　普通电机的绕组以线圈组为单位接线，每组圈数有多只线圈；而调速电扇为单圈组，即每组只有1圈且无变化，所以本节绕组参数是以主绕组、副绕组、调速绕组及其分组的组数为单位来表达其结构特征。因此，双速电动机就有3绕组，而三速则有4绕组

(3) 绕组节距与绕组系数　电扇用抽头调速电机绕组节距是固定的，即 $y=\tau=2$；其绕组系数 $K_{dp}=0.924$(对16槽定子而言)。

(4) 为使参数标排整齐，本节主绕组和副绕组也用主相和副相别称

(5) 标题含义　抽头调速绕组的标题是用主、副、调三绕组的布线和接线特征来表示，其标题含义如下：

T　2W型　4－　2(2 2)　2 2

- 代表调速绕组布线。其中分子是线圈数(2圈)；分母"2"表示此线圈是占1/2槽的双层线圈。
- 代表副绕组布线。其中整数"2"代表由2只整槽(单层)线圈和2只占1/2槽的双层线圈组成
- 代表主绕组布线。即表示它由4只(整槽)的单层线圈组成。
- 代表抽头调速绕组的接法和安排。前面字母代表接法，目前应用的有L、T、φ、h接法(详见《新2版》原版)；数字代表调速绕组安排相位。其中"1"是调速绕组安排与主绕组同相(槽)位；"2"则与副绕组同相位。后面字母表示外(W)接线和内(N)接线

二、绕组特点

(1) 抽头调速可免除外接电抗器，总体而言可节省材料、减轻重量，使成本降低；

(2) 如设计合理则可提高功率因数而有一定的节能效果；

(3) 出线较多，使电机绕组的嵌绕和接线显得较复杂，从而又降低了绕制工效；

(4) 只能用于扇类负载，而且因抽头多，也不便在吊扇上使用，故其应用范围较窄。

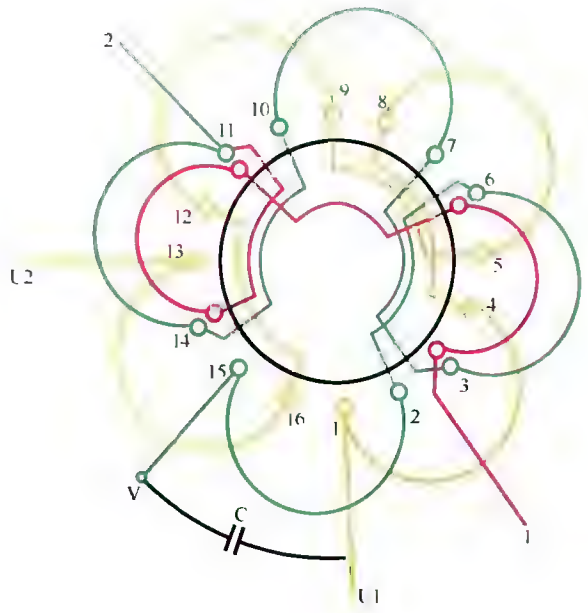
三、绕组嵌线

抽头式调速电动机嵌线一般是先嵌主绕组，再嵌副绕组，最后嵌入调速绕组；但对"1"型而言，则宜先嵌副绕组，然后再嵌主绕组和调速绕组。

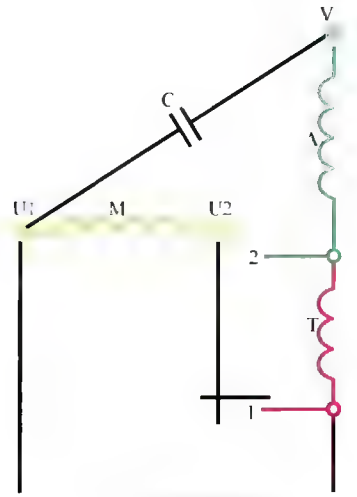
四、绕组接线

绕组的主相是显极接线，副相及调速绕组视具体型式而定；此外，电动机调速接线则通过挡位开关控制，并根据接线型式而各不相同。具体接线可参看图b或《新2版》原版

5.5.1　16槽4极 T—2N 型 4—2(2 2)—2/2 双速绕组[***]



a)



b)T—2N 型双速接线图

图　5.5.1

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=16$	主相圈数	$S_m=4$	线圈节距	$y=3$
电机极数	$2p=4$	副相圈数	$S_a=4$	总线圈数	$Q=10$
调速圈数	$S_t=2$	线圈组数	$u=3$	绕组极距	$\tau=4$

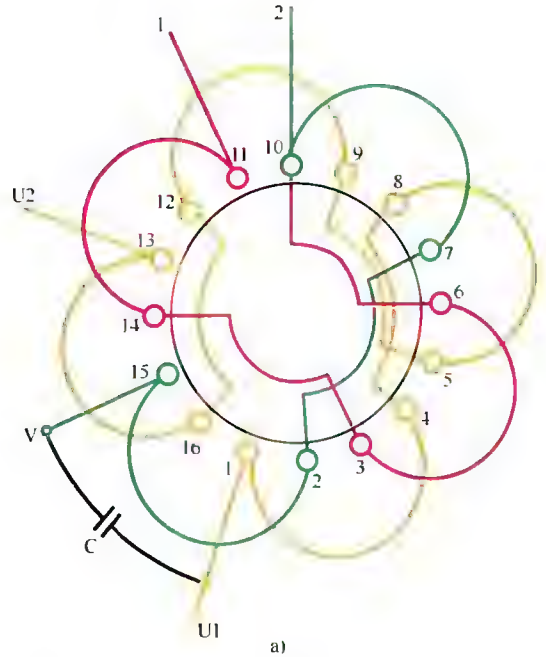
2. 嵌线方法　绕组采用分层整嵌．因主、调同相．故嵌完主绕组后再嵌调速绕组于相应槽上层．最后才嵌副绕组　嵌线顺序见下表：

表 5.5.1　分层整嵌法

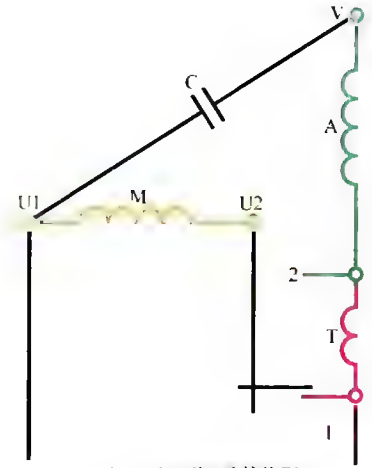
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下层	13	16	19	12	5	8	1	4												
	中层									11	14	3	6								
	上层													11	14	7	10	3	6	15	2

3. 绕组特点与应用　本例为 T 型 2 类布线．即调速绕组与副绕组同相位．属副相内抽头调速。主绕组和副绕组均有 4 只线圈．显极布线．调速绕组仅两只线圈对称安排为庶极．即两线圈是顺接串联．并与副绕组串联．如图 b 所示．当“1”档时通过抽头 1 与主绕组交接而成为副绕组的一部分；“2”档时则抽头 2 与主绕组交接．这时构成明显的“T”型接法。

5.5.2 16槽4极T—2N型4—2—2双速绕组



a)



b)T—2N型双速接线图

图 5.5.2

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=16$	主相圈数	$S_m=4$	线圈节距	$y=3$
电机极数	$2p=4$	副相圈数	$S_a=2$	总线圈数	$Q=8$
调速圈数	$S_v=2$	线圈组数	$u=3$	绕组极距	$\tau=4$

2. 嵌线方法　本例采用分层整嵌，先嵌主绕组，再嵌副绕组，最后嵌入调速绕组。因副、调线圈无交叠而处于同一平面，故绕组端部呈双平面结构。嵌线顺序见下表：

表 5.5.2　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4								
	上平面									15	2	7	10	6	3	11	14

3. 绕组特点与应用　绕组由8只线圈构成，其中主绕组4线圈为显极布线；副绕组和调速绕组各有两只线圈，并呈庶极布接线，即各自顺接串联而成，最后将其串联，并抽出调速“1”、“2”档线，如图b所示。此绕组的调、副同相，故属“2”类，而主绕组尾端U2不与副绕组直接则有别于图3-9b，而且在“1”档时调速绕组在交接点之内，故称副相内(N)抽头调速。

此绕组全系单层，线圈数少，嵌线方便，而且把副绕组一部分作共同支路降压的同时，也增大主回路的阻抗，故其调速效果尚可

5.5.3　16 槽 4 极 T—2W 型 4—2(2 2)—2/2 双速绕组

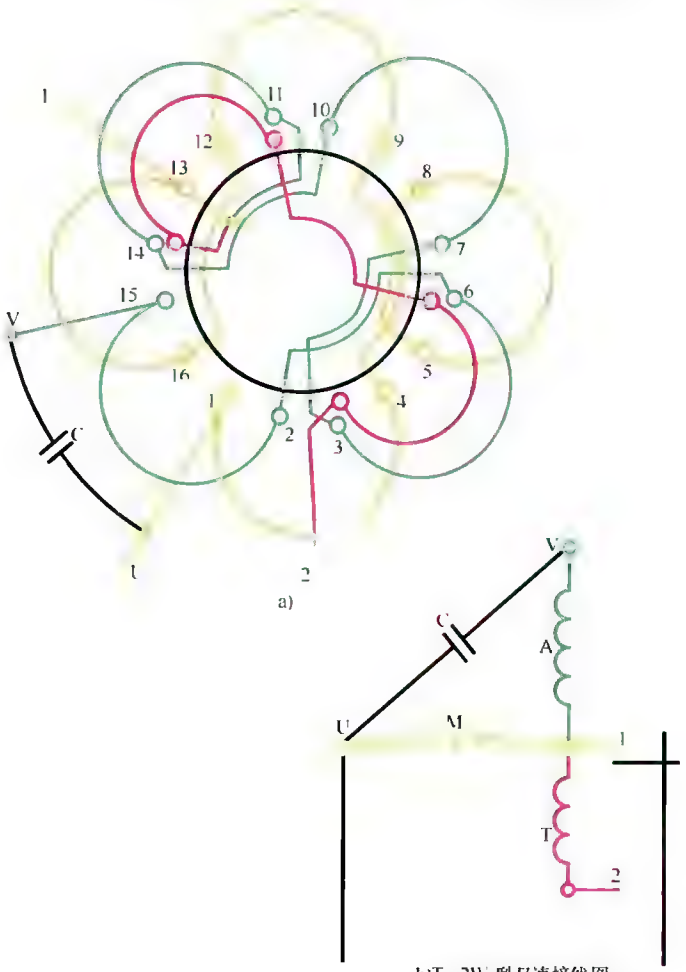


图　5.5.3

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=16$　线圈组数　$u=3$　调速圈数　$S_t=2$

电机极数　$2p=4$　主相圈数　$S_m=4$　绕组极距　$\tau=4$

总线圈数　$Q=10$　副相圈数　$S_a=4$　线圈节距　$y=3$

2. 嵌线方法　绕组采用分层整嵌，先嵌主绕组，再嵌副绕组，使主、副绕组端部呈两平面。最后将调速绕组嵌入副绕组相应槽的上层，从而构成不规整的三平面结构。嵌线顺序见下表：

表 5.5.3　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4												
	下层面									11	14	7	10	3	6	15	2				
	上层面																	11	14	3	6

3. 绕组特点与应用　本例是调速绕组与副绕组同相位，属 T　2 类绕组，由图 b 可见，调速绕组在主、副公共点“1”之外，故系副相外抽头调速。此绕组由 4 只单层线圈组成主绕组；副绕组则有两只单层和 2 只双层线圈构成；调速绕组则有两只双层线圈，呈庶极分布对称安排。在绕组具有线圈较少，嵌绕方便的特点。由于外抽头的调速绕组类似于外附电抗器，其减速效果取决于附加匝数。

5.5.4　16 槽 4 极 T—2W 型 4—2—2 双速绕组

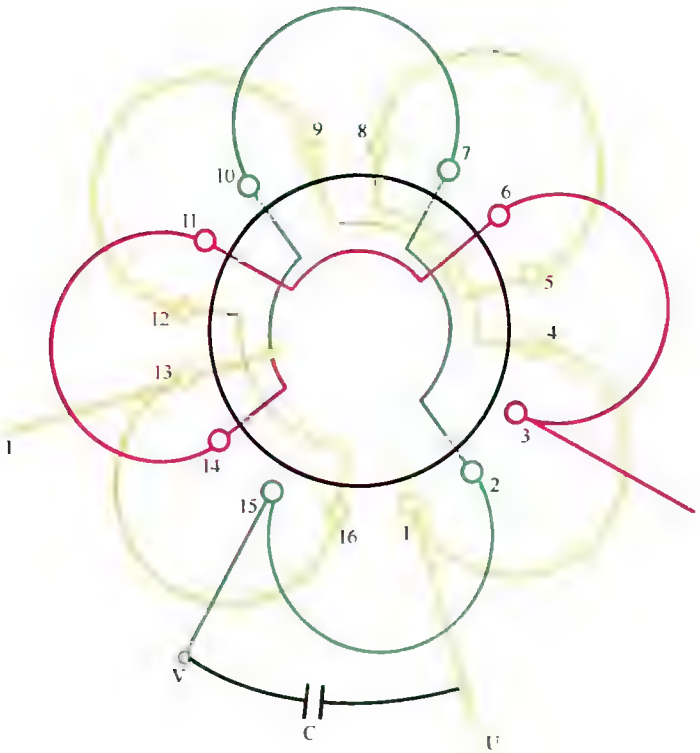


图　5.5.4

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=16$　线圈组数　$u=3$　调速圈数　$S_t=2$

电机极数　$2p=4$　主相圈数　$S_m=4$　绕组极距　$\tau=4$

总线圈数　$Q=8$　副相圈数　$S_c=2$　线圈节距　$y=3$

2. 嵌线方法　本绕组宜用分层整嵌法．先嵌主绕组构成下平面；再嵌副绕组和调速绕组，构成上平面端部。嵌线顺序见下表：

表 5.5.4　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4								
	上平面									15	2	7	10	3	6	11	11

3. 绕组特点与应用　本绕组全部线圈都用单层布线．其中主绕组 4 圈，为显极布线，副绕组和调速绕组同相安排，均用两只线圈构成庶极。绕组采用 T 型 2 类．因主、副绕组公共点在电机内部连接而把调速绕组排除在公共点之外，故属“W”型．即副相外抽头调速．其接线可参考上例图 b

本例为单层且用线圈数少，嵌绕极为方便，但调速绕组匝数较多

5.5.5　36槽4极L—1/2型B/A类正弦3—3—(3+2)三速绕组

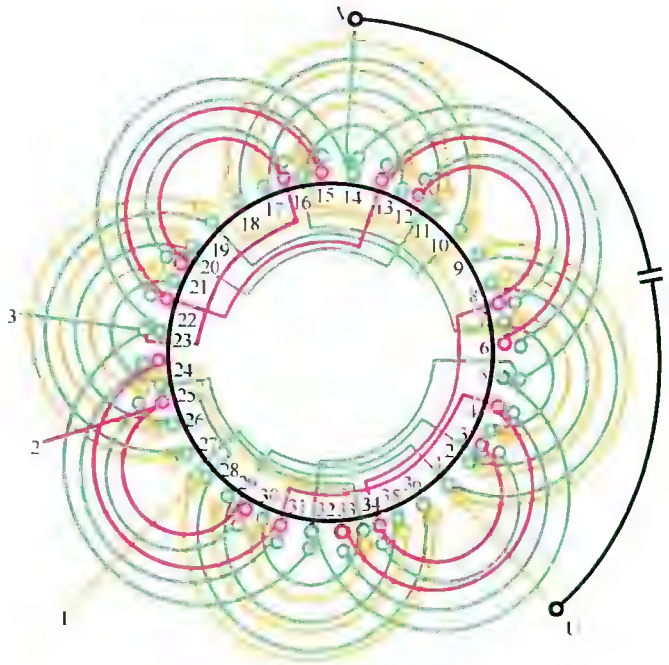


图　5.5.5

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=36$　绕组组数　$u=4$　调速圈数　$S_t=12+8$

电机极数　$2p=4$　主相圈数　$S_z=12$　绕组极距　$\tau=9$

总线圈数　$Q=44$　副相圈数　$S_a=12$

正弦绕组布线方案见下表：

主绕组				调速绕组Ⅰ				副绕组				调速绕组Ⅱ			
布线类型	节距 y	K_y	K_{sa}	布线类型	节距 y	K_y		布线类型	节距 y	K_y	K_{sa}	布线类型	节距 y	K	
3B	1 -9	39.5	0.856	3B	1 9	39.5		3A	5 14	22.7	0.893	2(A)			
	2 8	34.8			2 8	34.8			6 13	12.6			6 13	0.55	
	3 7	25.7			3 7	25.7			7 12	34.7			7 12	0.45	

2. 嵌线方法　绕组采用分层嵌线，嵌线次序为主绕组M(黄)、调速绕组T_1(绿)、副绕组A(绿)、调速绕组(T_2)红，嵌线顺序见下表：

表 5.5.5　分层整嵌法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
下层槽号	3	7	2	8	1	9	30	34	29	35	28	36	21	25	20	26	19	27	12	16
嵌绕次序	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
下层槽号	11	17	10	18	7	12	6	13	5	14	25	30	24	31	23	32	16	21	15	22
嵌绕次序	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
嵌入槽号 下层			31	3	33	4														
嵌入槽号 上层	11	23					32	5	34	3	33	4	25	30	24	31	16	21	15	22
嵌绕次序	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
上层槽号	7	12	6	13	3	7	2	8	1	9	30	31	29	35	28	36	21	25	20	26
嵌绕次序	81	82	83	84	85	86	87	88												
上层槽号	19	27	12	16	11	17	10	18												

3. 绕组特点与应用　本例L型调速不同于通常的接法，它有两个调速绕组，分别与主、副绕组同相布线　与一般L型接法有区别，特将其定为L　½型

此绕组应用于空调器热交换用风扇的电容电动机　应用实例有YYKF　120　4等。

5.5.6　24 槽 6 极 L—2 型 A 类正弦 2—2—1 双速绕组

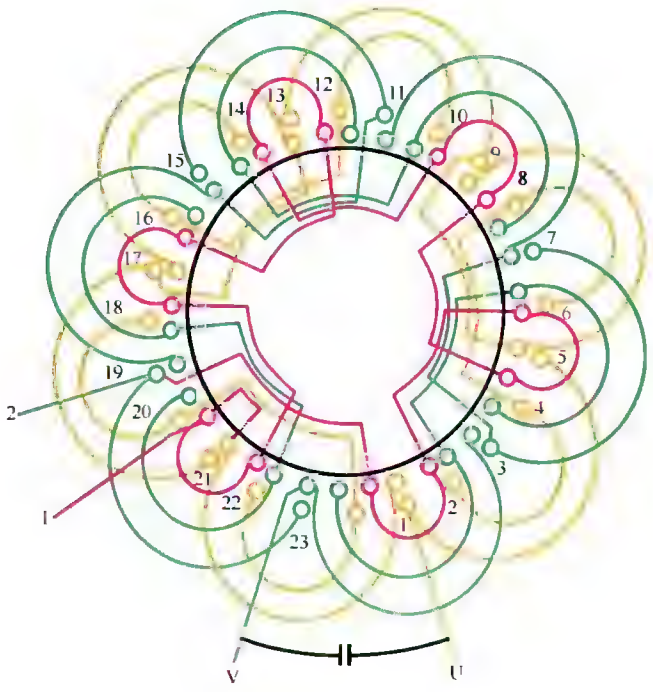


图　5.5.6

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=24$　绕组组数　$u=3$　调速圈数　$S=6$

电机极数　$2p=6$　主相圈数　$S=12$　绕组极距　$\tau=4$

总线圈数　$Q=30$　副相圈数　$S_f=12$

正弦绕组布线方案见下表

主绕组				副绕组				调速绕组			
布线类型	节距 y	K_{w1}	K_{dp1}	布线类型	节距 y	K_{w2}	K_{dp2}	布线类型	节距 y	K_{w3}	
2A	1　5 2　4	11.1 58.6	0.828	2A	3　7 1　6	41.1 58.6	0.828	单链	1　6	100	

2. 嵌线方法　绕组采用分层整嵌，嵌线顺序见下表：

表 5.5.6　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
嵌入槽号	下层	2	4	1	5	18	20	17	21	10	12	9	13	6	8			22	21		
	中层																				
	上层															5	9			21	1
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
嵌入槽号	下层	11	16					3	7			19	23			11	15				
	中层					1	6			20	22			12	14			8	10		
	上层			13	17															7	11
嵌绕次序		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
嵌入槽号	下层																				
	中层	24	2			16	18														
	上层			23	3			15	19	12	14	8	10	4	6	24	2	20	22	16	18

3. 绕组特点与应用　E、副绕组采用相同的 A 类正弦布线方案，每极均为 2 只线圈，绕组的高次谐波分量较大　电动机是 L　2 型抽头调速　此例取自国产空调器用两挡调速风扇电动机

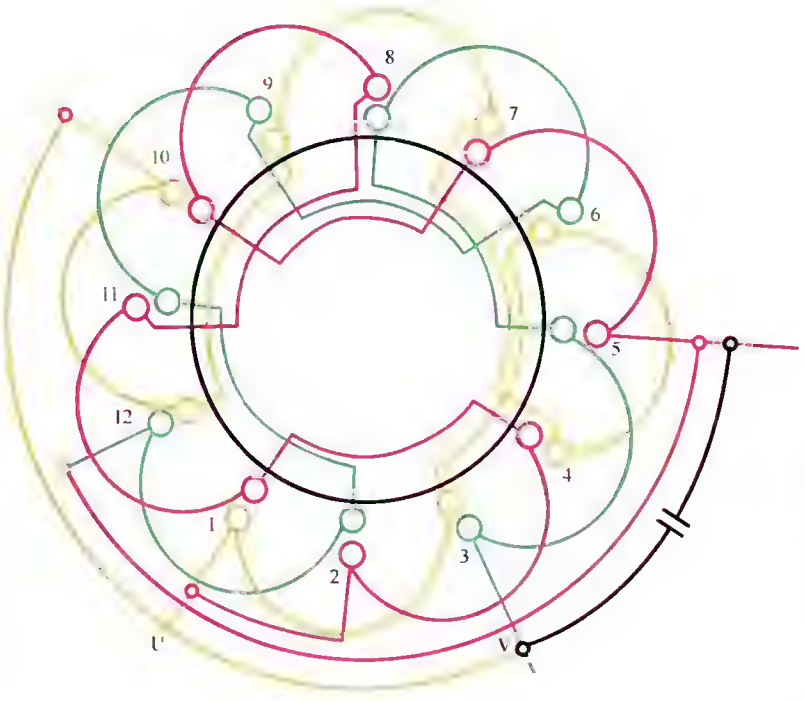
5.6 单相、三相通用电动机绕组布线接线图

为使电动机性能达到最佳状态，现代的电动机都是根据设定的运行条件设计的，一般不允许改变电动机的运行条件。但早年由于科技不够发达，特别是单相电动机欠缺，当单相电动机损坏后缺乏备件造成设备无法运行时，为了应付生产，在不得已的情况下产生了三相改单相的"江湖术"，从此使这种改接成为固定型式。然而，三相改单相的使用并不是科学合理的方法，改单相后，其输出功率将会降低很多，即使移相电容器选配合理，最多也只能达到原来三相功率的60～70%，还会导致无功功率增加，则功率因数和效率下降，显然对节能不利。所以，只能作为一种应急的权宜措施。此外，三相改单相只宜应用于小功率电动机，如果功率过大，很难选配到适合的电容器，且其运行性能更差。

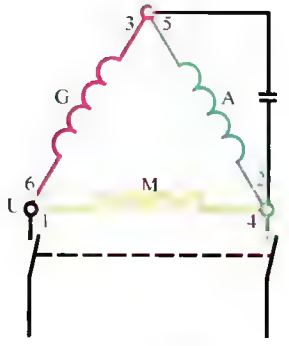
随着科技的进步，单相电动机已成系列发展而普及使用，一般就无需用三相改单相了，但它的接线型却被保留下来，如国产单相系列产品中仍有采用Δ形接法的；而家用电器某产品也借用Y形接法的型式运用于正反转单相电动机。而若干年前在国外，对单三相通用绕组仍有研究，并设计出单相可改接用于三相的绕组型式，如图5.6.5例所示。然而，目前来说，所谓单三相通用只是对绕组的型式而言，所谓"通用"，仅指绕组型式上的通用，而并非此绕组一定能在三相与单相电源中通用，除非它是专为单三相通用而设计的(但目前似未见有此)产品。一般而言，为了追求电机的品质，即使单相电动机采用Δ形或Y形通用的绕组型式，但也只能在单相电源上正常运行，而不能回复到三相电源上使用；但三相电动机则可通过改变接线用于单相电源，不过其性能如何就另当别论了。

由于三相改单相在电机发展史中存在过，也曾发挥过作用，为此本节收入绕组6例，以供参考。本节绕组参数意义同三相，可参考5.1节所述。

5.6.1　12 槽 4 极双层链式单(三)相通用(△形)绕组***



a)



b)△形单速

图　5.6.1

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=12$　线圈组数　$u=12$　附加圈数　$S_k=1$

电机极数　$2p=4$　主相圈数　$S=4$　绕组极距　$\tau=3$

总线圈数　$Q=12$　副相圈数　$S=4$　线圈节距　$y=1\sim3$

2. 嵌线方法　本例绕组结构属三相双层链式绕组，故嵌线方法同双叠绕组，采用交叠法嵌线，嵌线吊边数为 2，嵌线顺序见下表：

表 5.6.1　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	1	12	11		10		9		8		7		6		5		4		3		2			
	上层				1		12		11		10		9		8		7		6		5		4	3	2

3. 绕组特点与应用　本例为单相绕组的特殊形式。它采用三相布线，三相线圈组数相同，每相分 4 组，每组仅 1 只线圈，故实属三相双层链式结构型式。因应用于单相电源，归入空间相差 120°电角的非正交单相绕组。绕组可设计成三相参数完全相同的三相、单相通用型式；也可根据使用性能设计成各相绕组参数不同的单相绕组，以达到较好的经济技术指标。绕组采用△角形接法，用作单相电动机的接线原理见图 b，它以一相为主相绕组(M)，并接于电源；其余两相串联后也并于电源，其中副绕组(A)的两端并联移相电容器(C

此绕组在国外应用于电容式单相电扇电动机

5.6.2　18 槽 2 极单双层同心式单(三)相通用(△形)绕组

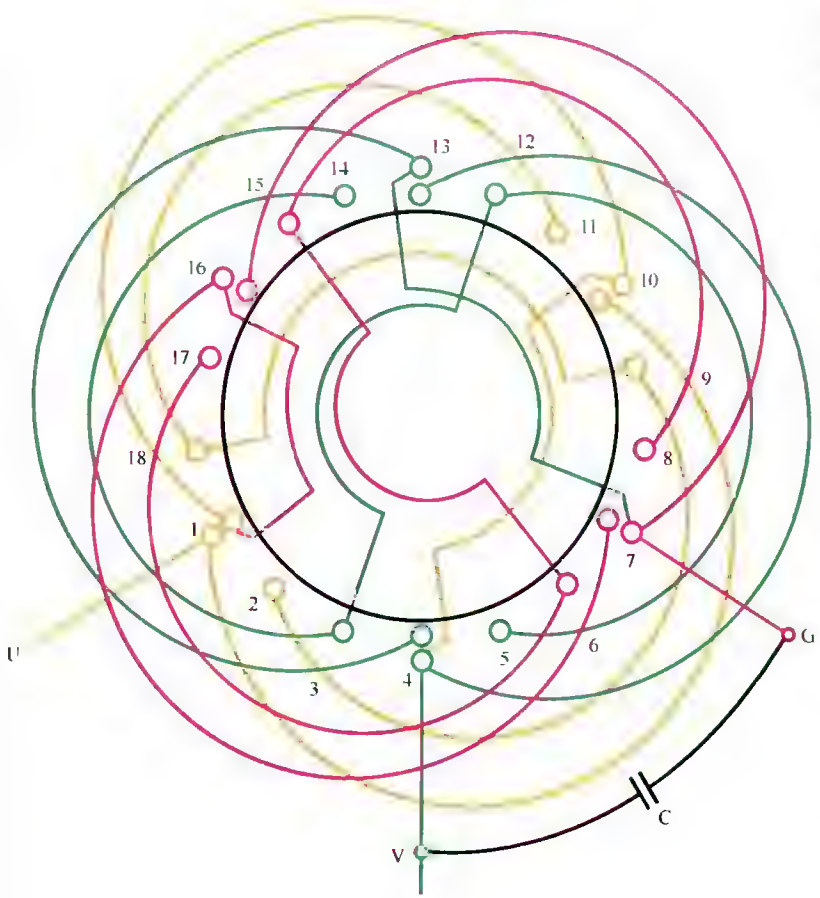


图　5.6.2

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=18$	主相圈数	$S_m=4$	绕组极距	$\tau=9$
电机极数	$2p=2$	副相圈数	$S_a=4$	线圈节距	$y=1-10$
总线圈数	$Q=12$	附加圈数	$S_e=1$		$2-9$
绕组组数	$u=6$	极相槽数	$q=3$		

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线，嵌线顺序见下表：

表 5.6.2　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下层	2	9	1	17	6	16	11	3	13	11	18	10
	上层												
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下层		8	15	7		5	12	4				
	上层	1				16				13	10	7	4

3. 绕组特点与应用　本例为特殊型式，单相绕组按三相形式安排，并采用单双层混合式布线。每相 2 组线圈，每组由 2 只同心线圈组成，同相组间是反接串联，即“尾与尾”相接。三相绕组可设计成相同参数而通用于三相或单相电源；也可设计成各相参数不同，只用于单相电源。但整个绕组的内部接线形式与普通三相电动机△形接法完全相同，即三相连环顺接串联成△形。单相电动机接线原理如上例图 b 所示。图中 U 是主相绕组(M)的出线；V 是副相绕组(A)的出线；G 则是附加(副相)绕组(G)的出线。单相电源从 U、V 接入；移相电容并于 V—G 之间。此绕组主要用于微小容量电动机，如 JX07A-2、JX07B-2 等单相电容电动机

5.6.3　18 槽 4 极单层同心交叉式单(二)相通用(△形庶极)绕组

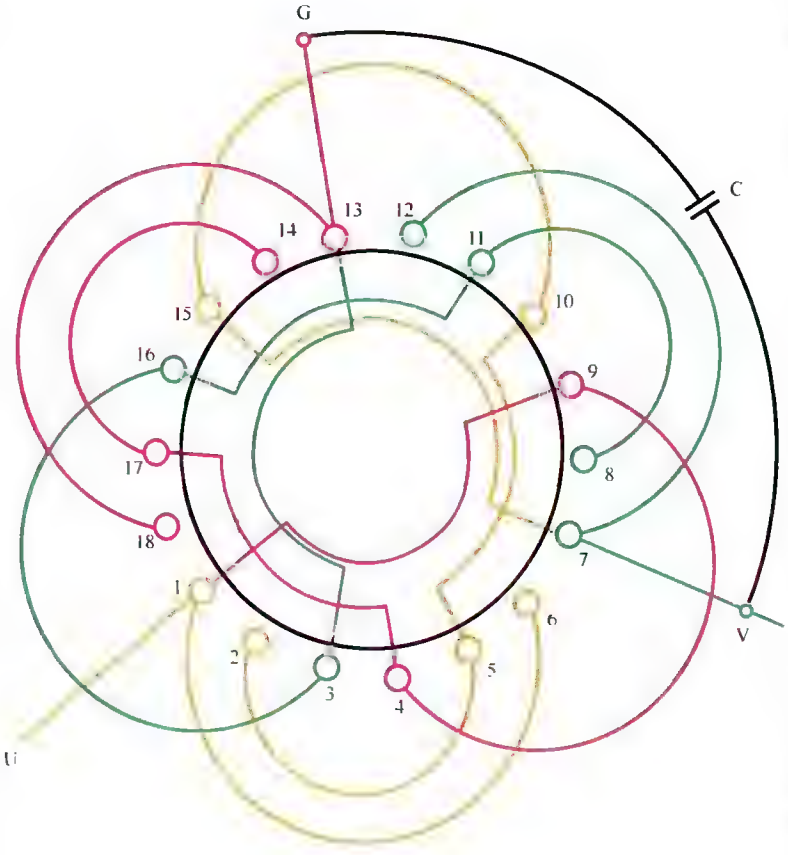


图　5.6.3

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=18$　　主相圈数　$S_m=3$　绕组极距　$\tau=4\frac{1}{2}$

电机极数　$2p=4$　　副相圈数　$S_a=3$　线圈节距　$y_1=1—6、2—5$

总线圈数　$Q=9$　　附加圈数　$S_e=3$　　$y_2=10—15$

绕圈组数　$u=6$　　极相槽数　$q=1\frac{1}{2}$

2. 嵌线方法　　本例绕组有两种嵌线方法：

(1) 交叠法　　嵌法与普通绕组相同，即嵌 2 槽，退空 2 槽嵌 1 槽，退空 1 槽嵌 2 槽…。嵌线顺序见下表：

表 5.6.3(a)　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	2	1	16		14		13		10		8		7		4			
	浮边				3		17		18		15		11		12		9	5	6

(2) 整嵌法　　先嵌同心线圈于底，后嵌单圈于面，使之形成双平面绕组。嵌线顺序见下表：

表 5.6.3(b)　整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	2	5	1	6	14	17	13	18	8	11	7	12						
	上平面													4	9	16	3	10	15

3. 绕组特点与应用　　绕组的安排与△形接法的特点同上例。但本例为单层庶极布线，每相 4 极仅用 2 组线圈，同相组间连接是顺接串联，即“尾与头”相接，使两组线圈形成 4 极。单相△形电动机接线如图 5.6.1b 所示，单相电源从 U、V 接入，使主绕组(M)并接于电源；移相电容器则与副绕组(A)并联。此绕组用于运行型电机，应用实例有 JX07B-4 单相电容运转电动机

5.6.4　18 槽 4 极双层叠式单(二)相通用(△形)绕组**

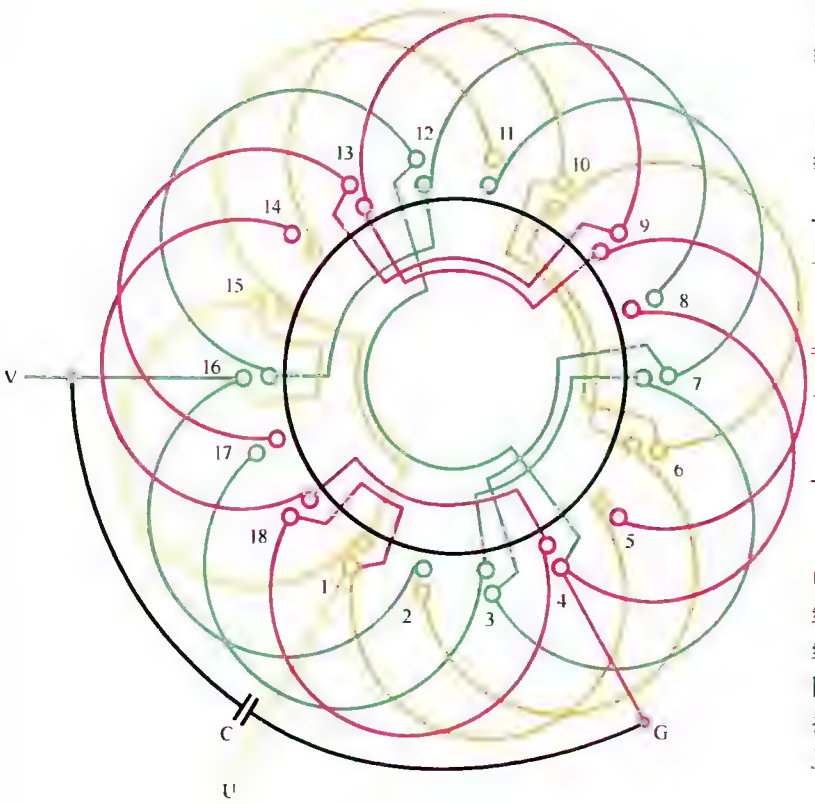


图　5.6.4

1. 绕组参数

定子槽数	$Z=18$	主相圈数	$S_m=6$	绕组极距	$\tau=1\frac{1}{2}$
电机极数	$2p=4$	副相圈数	$S_a=6$	绕圈节距	$y=1\sim5$
总线圈数	$Q=18$	附加圈数	$S_k=6$		
线圈组数	$u=12$	极相槽数	$q=1\frac{1}{2}$		

2. 嵌线方法　本例为双层叠式绕组，采用交叠法嵌线。即嵌入一槽向后退，再嵌一槽再后退，吊边数为 4，第 5 个线圈开始整嵌。嵌线顺序见下表：

表 5.6.4　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	18	17	16		15		14		13		12		11		10	
	上层						2		1		18		17		16		15		14
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层	9		8		7		6		5		4		3					
	上层		13		12		11		10		9		8		7	6	5	4	3

3. 绕组特点与应用　本绕组为单相△形接法，三相绕组相同，电动机接线原理如图 5.6.1b 所示。绕组特点可参考例 5.6.2。但本绕组采用双层叠式布线，因每极每相所占槽数 $q=1\frac{1}{2}$，绕组采用分数绕组，即每相及三相线圈组均由单双圈构成，并为 2、1、2、1 规律安排；同相相邻线圈组间接线则是反接串联，即“头与头”或“尾与尾”相接。此绕组主要应用于单相电容运转电动机，主要应用实例有 JX07A—4 等。

5.6.5　24 槽 2 极单层同心式单(三)相通用绕组

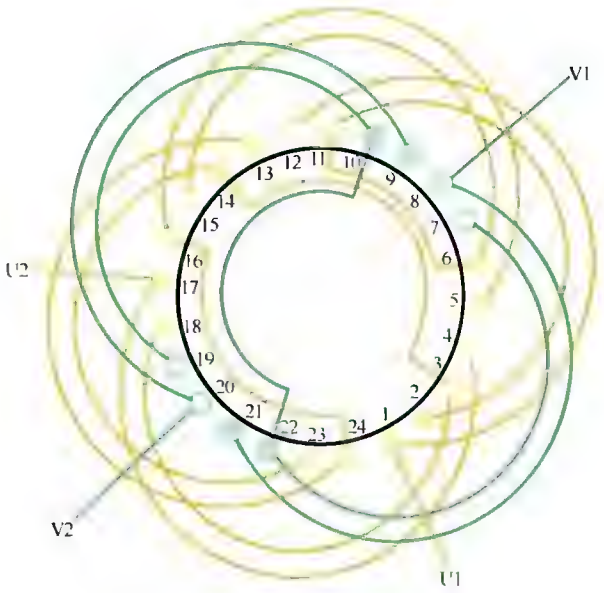


图　5.6.5

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=24$　　线圈组数　$u=6$　　绕组极距　$\tau=12$

电机极数　$2p=2$　　每组圈数　$S=2$　　线圈节距　$y=1-12$，$2-11$

总线圈数　$Q=12$　　极相槽数　$q_m=8$　　绕组系数　$K_{dpm}=0.83$

$q_a=4$

2. 嵌线方法　　本例可采用两种嵌法：

(1) 交叠法　　嵌线规律是：嵌 2 槽退空 2 槽，再嵌 2 槽空 2 槽，吊边数为 4。嵌线顺序见下表：

表 5.6.5(a)　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	沉边	2	1	22	21	18		17		14		13		10		9		6		5					
	浮边						3		4		23		24		19		20		15		16	11	12	7	8

(2) 分层法　　主、副绕组分层嵌线，但主绕组交叠嵌入；副绕组则整嵌于面。嵌线顺序见下表：

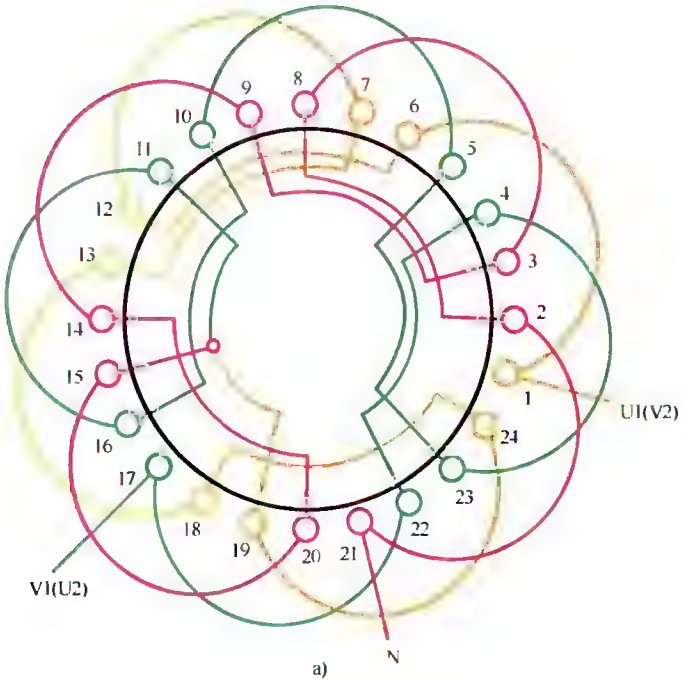
表 5.6.5(b)　分层法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	2	1	18	3	17	4	14	23	13	24	6	15	5	16	11	12								
	上层																	22	7	21	8	10	19	9	20

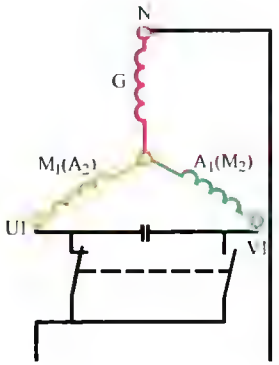
3. 绕组特点与应用　　本绕组同时具有同心式和交叠式绕组的特色，线圈节距比普通的同心式稍短，故较节省铜线，而且能较方便地改成单相、三相通用形式，但接线比同心式复杂。

绕组适用于槽数较多、线圈跨距大的起动型电动机。目前国内尚未有应用，取自德国进口设备机电产品，属于新的绕组型式

5.6.6　24槽4极单层链式单(二)相通用(Y形)绕组**



a)



b) Y形正反转

图　5.6.6

1. 绕组参数

定子槽数　$Z=24$　主相圈数　$S_m=4$　绕组极距　$\tau=6$

电机极数　$2p=4$　副相圈数　$S_a=4$　线圈节距　$y=1\sim6$

总线圈数　$Q=12$　附加圈数　$S_g=4$

线圈组数　$u=12$　极相槽数　$q=3$

2. 嵌线方法　可采用两种嵌法，但较多采用交叠法。

交叠法　交叠嵌线吊边数为2，嵌线顺序见下表：

表 5.6.6　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	沉边	1	23	21		19		17		15		13		11		9		7		5		3			
	浮边				2		24		22		20		18		16		14		12		10		8	6	4

3. 绕组特点与应用　小型三相Y形电动机可改接用于单相电源，但实际应用中的单相Y形接法的电动机，除三绕组按互差120°电角分布外，它要求各绕组参数不同，以获得较好的电气性能。本例绕组常应用于需正、反转工作的电动机，为使两个转向具有同样的运行性能，要求主绕组(M)和副绕组(A)的参数完全相同，而公共绕组(G)的匝数较少，其接线原理如图b所示。此外，为了节省原材料和合理利用铁心，正规设计的定子铁心是方圆形冲片，并将公共绕组(图中黄色)各槽冲成小截面积槽，安排在相对应的方圆形冲片窄边上。此绕组主要应用于洗衣机。

第 6 章　单相串励电动机电枢绕组

单相串励电动机属换向器式交直流两用电动机，其定子为励磁绕组，是凸极式结构；转子为电枢绕组，与直流电枢相同，但实用上只应用 2 极的单叠绕组。它的最大特点是转速快、效率高，与同等功率的其他单相电动机相比，其体积和重量最小；而且具有转矩高、过载能力强等优点，故是便携式电动工具及家用电器的主要动力源。

本章内容分三节，6.1 节是介绍电枢嵌绕的三种方法，而有的转子槽数只适用一种嵌法，有的则三种嵌法都适用。但无论选用何种嵌法，其线圈对换向器的接线关系都是相同的，对电机修理后的电气性能无直接影响，唯不同的是嵌法对转子的动平衡有较大影响。串励电枢绕组布接线图分两节，其间并无明显区别，仅从国产通用型产品和工具专用型产品加以区分，以便读者查阅。

由于串励电枢的接线可根据不同的设计而变化，因此，即使是相同规格的转子，如果定子结构(电刷位置)不同，也会使接线改变，甚至同一厂家不同时期的产品，也可能有不同的接线位置，但其线圈与换向器的接线关系则维持不变。本章图例是根据收集当时的产品资料绘制而成。所以，重绕时务必在拆线中记下借偏(偏移正对的接法)接入换向器的具体位置，即 1 号槽各线圈与线头接入换向片的确切位置，才能确保重绕成功；否则便会引起火花而不能正常工作。如因拆线疏忽或原始记录丢失，重绕就难以进行，这时可试用本社出版的《中小型电动机修理》中的图 4-44 介绍的方法，粗略确定线头接入换向片的位置进行重绕，试车时再调整电刷架的位置，使火花减至最小。但必须指出，调整火花必须在确保绕组没有故障(如接地、短路、焊接不良等)的前提下进行，否则无效。

6.1 串励电枢嵌绕次序示意图

串励电枢绕组属小型叠片式转子结构，常用手工嵌绕。本节以嵌绕示意图介绍嵌绕次序，现就图例说明如下：

(1) 嵌绕顺序示意图是从转子换向器端模拟画出，中心圆圈代表转子轴；各槽均布于外圆内侧，槽号标示于外侧；

(2) 槽内小圆代表线圈(组)有效边，它由 n 个元件组成，通常用 n 根绝缘导线并绕；也可采用单根导线分圈绕制；

(3) 槽内嵌入不同线圈(组)的两个有效边用两小圆表示，并用代表线圈端部的彩色线将两有效边连接，连线上标注编号为嵌绕次序；

(4) 为使清晰易辨，嵌绕每一序次用不同颜色线条轮换标示；但平行对绕则每对次平行线用同色绘出。

串励电枢嵌绕方法与特点：

1. 叠绕法　它的嵌绕特点是第一个线圈从第 1 槽开始嵌入，跨节距绕线；第二个线圈，从第 2 槽开始，顺次进行，直至完成。其工艺特点有：

(1) 能适用于任何槽数的转子，嵌线工艺简单；

(2) 线圈端部长度不等，先嵌绕的线圈匝长较后嵌者短，致使整机动平衡差，容易引起振动、噪声及产生运行时换向火花，故修理后要作动平衡校正、调整

2. 平行对绕法　它是较理想的嵌绕工艺，其特点有：

(1) 嵌绕的每对次线圈分别平行分布于转轴两侧，容易达到动平衡；

(2) 嵌绕次序不是沿槽号顺次进行，容易嵌错，故嵌绕前要预先规划好；

(3) 只适用于部分偶数槽转子

3. V 形对绕法　转子槽数为奇数时无法采用平行对绕，这时可用近似平行的 V 形对绕法嵌绕。嵌绕时，上一个线圈的跨距槽是下一个线圈的起始槽。其特点有：

(1) 先后嵌绕线圈的端部成 V 形分布于转轴两侧，有较好的动平衡性；

(2) 嵌绕的次序规律较易掌握，操作较平行对绕法方便；

(3) 可适用于任何槽数的转子。

6.1.1　3槽2极电枢转子绕法

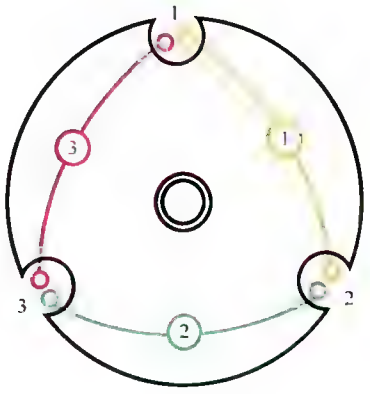


图　6.1.1

1. 缠绕特点　　此绕组为奇数槽，且仅有3槽，采用叠绕和V形对绕的工艺次序相同。

2. 嵌绕方法　　全部嵌绕只有3个序次，嵌绕顺序见下表：

表 6.1.1　叠绕法

嵌绕次序	1	2	3
线圈槽号	1　2	2　3	3　1

6.1.2　7槽2极电枢转子绕法

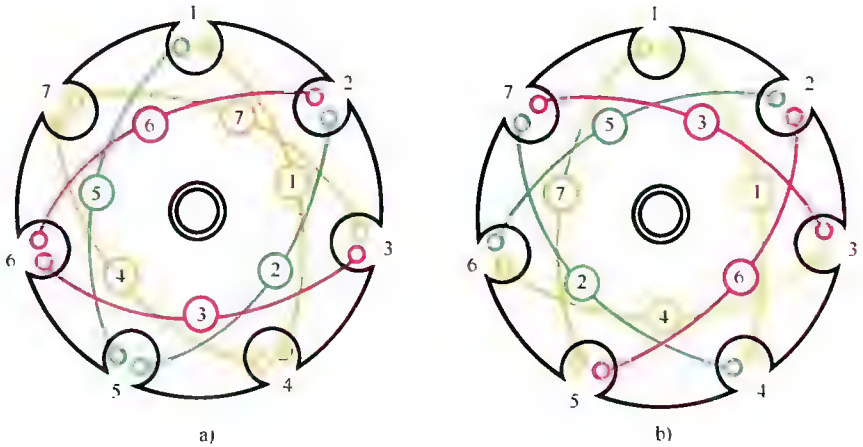


图　6.1.2

1. 缠绕特点　　本例转子为奇数槽，除可采用叠绕外，还可采用V形对绕法嵌线

2. 嵌绕方法　　此转子有两种绕法：

(1) 叠绕法　　嵌绕顺序见下表：

表 6.1.2(a)　叠绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7
线圈槽号	1　1	2　7	3　6	4　5	5　4	6　2	7　3

(2) V形对绕法　　嵌绕顺序见下表：

表 6.1.2(b)　V形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7
线圈槽号	1　4	4　7	7　3	3　6	6　2	2　5	5　1

6.1.3 8槽2极电枢转子绕法[***]

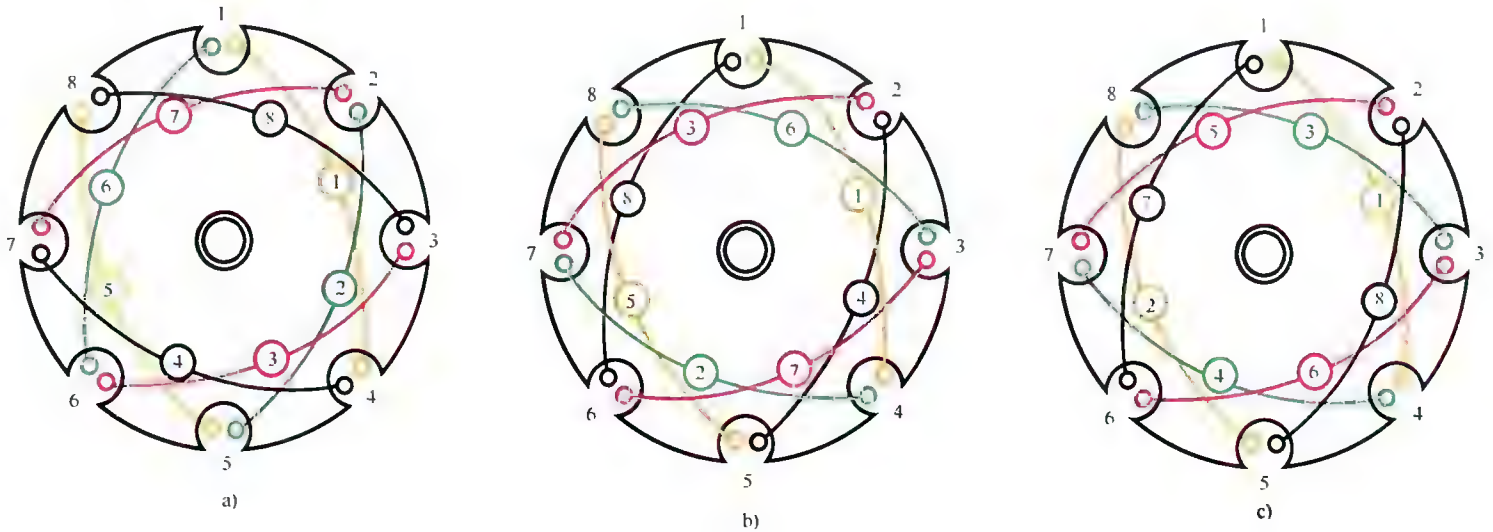


图 6.1.3

1. 缠绕特点　本例转子为偶数槽，且是4倍数，故除用叠绕和V形对绕外，还可采用平行对绕。

2. 嵌线方法

(1) 叠绕法　顺槽编号嵌绕，嵌绕顺序见下表：

表 6.1.3(a)　叠绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1 4	2 5	3 6	4 7	5 8	6 1	7 2	8 3

(2) V形对绕法　尾随跨节距嵌绕，嵌绕顺序见下表：

表 6.1.3(b)　V形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1 4	4 7	7 2	2 5	5 8	8 3	3 6	6 1

(3) 平行对绕法　按每对次平行嵌绕，嵌绕次序见下表：

表 6.1.3(c)　平行对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1 4	5 8	8 3	4 7	7 2	3 6	6 1	2 5

6.1.4 9槽2极电枢转子绕法

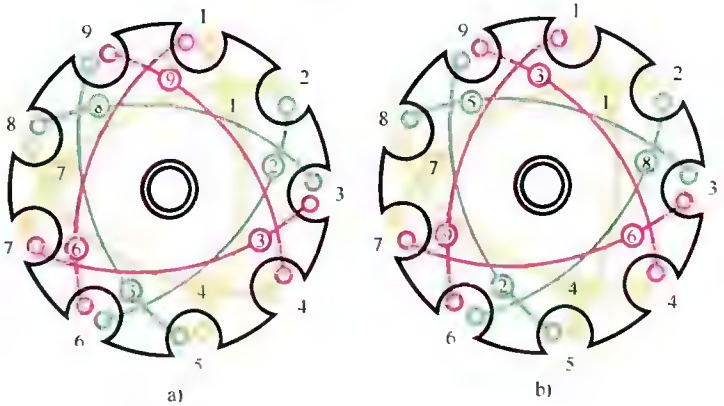


图 6.1.4

1. 缠绕特点　转子是奇数槽，可采用叠绕或V形对绕。9槽转子采用并绕时共9组线圈；嵌绕次序用9次完成

2. 嵌绕方法

(1) 叠绕法　顺槽编号嵌绕，嵌绕顺序见下表：

表 6.1.4(a)　叠绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9
线圈槽号	1 5	2 6	3 7	4 8	5 9	6 1	7 2	8 3	9 4

(2) V形对绕法　尾随跨节距嵌绕，嵌线顺序见下表：

表 6.1.4(b)　V形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9
线圈槽号	1 5	5 9	9 3	3 7	7 1	1 6	6 2	2 8	8 4

6.1.5 10槽2极电枢转子绕法

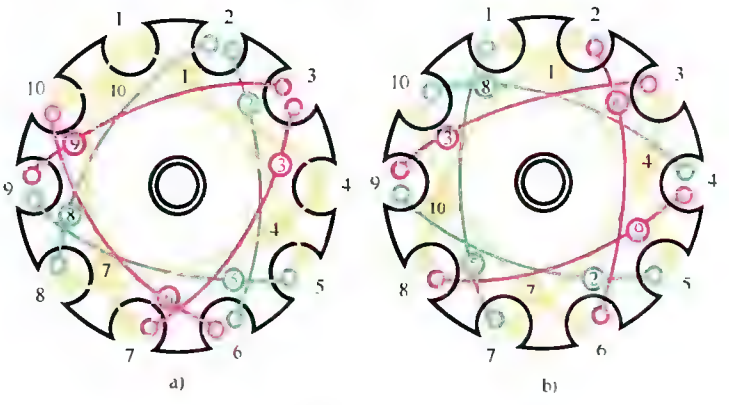


图 6.1.5

1. 缠绕特点　此绕组可采用叠绕法和V形对绕法嵌绕，分10组线圈嵌绕完成

2. 嵌绕方法

(1) 叠绕法　顺次逐槽嵌线，嵌绕顺序见下表：

表 6.1.5(a)　叠绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
线圈槽号	1 5	2 6	3 7	4 8	5 9	6 10	7 1	8 2	9 3	10 4

(2) V形对绕法　按尾随跨节距嵌绕时，该槽数转子将形成双闭路嵌线，即从奇数1槽始嵌，经第5次序回到1槽；再从2号(偶数槽)始嵌形成第2个嵌绕次序。嵌线顺序见下表：

表 6.1.5(b)　V形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
线圈槽号	1 5	5 9	9 3	3 7	7 1	1 6	6 2	2 8	8 4	4 10

6.1.6　11槽2极电枢转子绕法

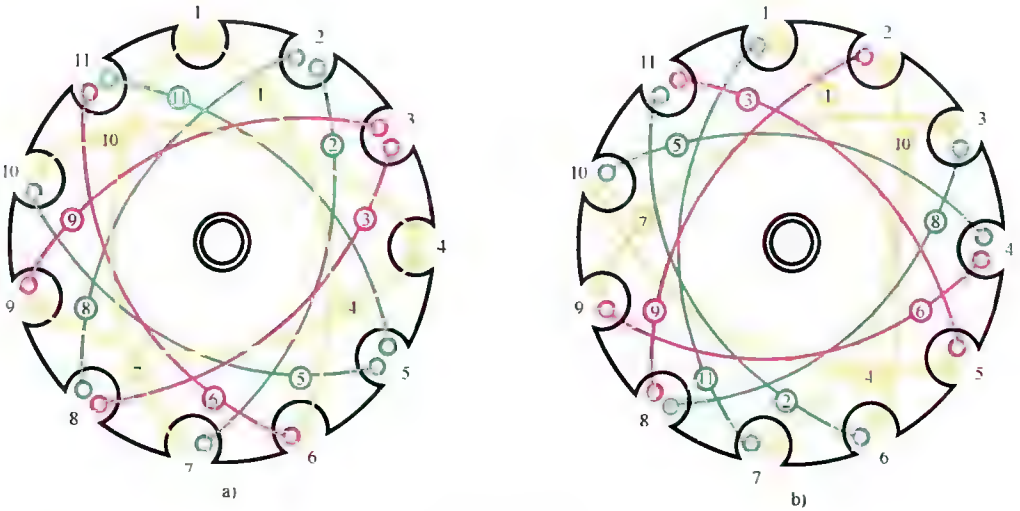


图　6.1.6

1. 缠绕特点　　此转子为奇数槽，采用多根并绕时，可绕嵌11组线圈，并用11次序绕完。

2. 嵌绕方法

(1) 叠绕法　　按槽顺序逐槽嵌绕，嵌绕顺序见下表：

表 6.1.6(a)　叠绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
线圈槽号	1　6	2　7	3　8	4－9	5　10	6　11	7－1	8　2	9－3	10　1	11　5

(2) V形对绕法　　尾随上次序跨入槽嵌绕，嵌绕顺序见下表：

表 6.1.6(b)　V形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
线圈槽号	1　6	6－11	11　5	5　10	10－1	4－9	9－3	3　8	8　2	2　7	7　1

6.1.7　12槽2极电枢转子绕法

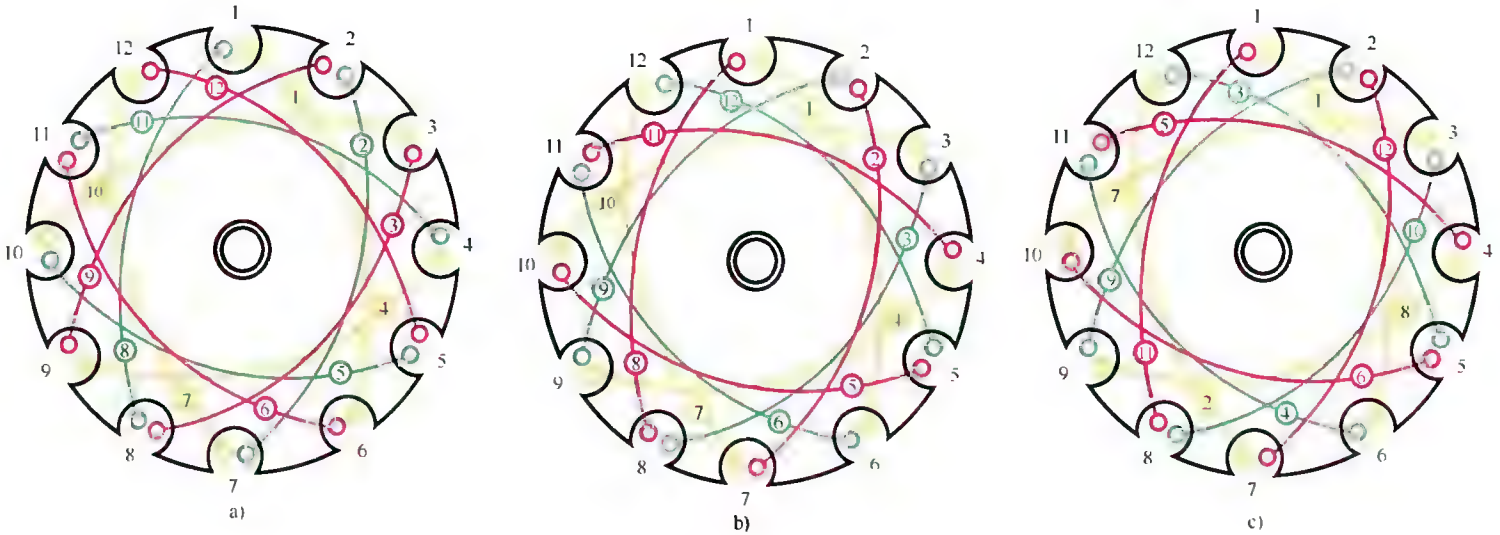


图　6.1.7

缠绕特点　本例转子除可用叠绕和V形对绕外，因槽数12为4的倍数，故还能采用平衡性更好的平行对绕嵌线

（1）叠绕法　逐槽顺序嵌绕，嵌绕顺序见下表：

表 6.1.7(a)　叠绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
线圈槽号	1-6	2-7	3-8	4-9	5-10	6-11	7-12	8-1	9-2	10-3	11-4	12-5

（2）V形对绕法　尾随上次序跨入槽嵌绕，嵌绕顺序见下表：

表 6.1.7(b)　V形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
线圈槽号	1-6	6-11	11-4	1-9	9-2	2-7	7-12	12-5	5-10	10-3	3-8	8-1

（3）平行对绕法　平行对绕能获得较好的动平衡效果，但嵌绕时容易出错。嵌绕顺序见下表：

表 6.1.7(c)　平行对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
线圈槽号	1-6	7-12	10-3	1-9	11-4	5-10	3-8	9-2	12-7	6-11	8-1	2-7

6.1.8　13槽2极电枢转子绕法

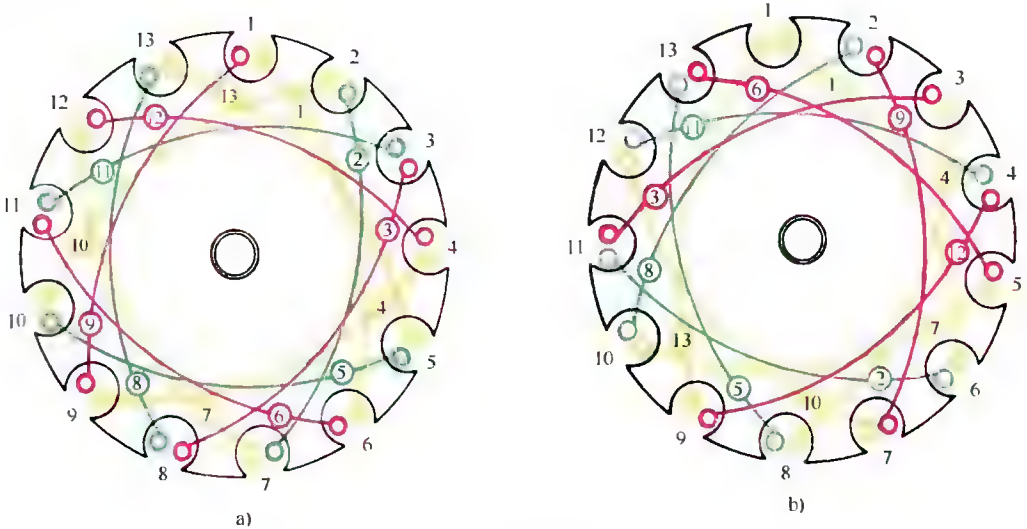


图　6.1.8

1. 缠绕特点　　转子为奇数槽，不能采用平行对绕，嵌法只有两种。

2. 嵌绕方法

(1) 叠绕法　　逐槽顺次嵌绕，嵌线次序见下表：

表 6.1.8(a)　叠绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
线圈槽号	1　6	2　7	3　8	4　9	5　10	6　11	7　12	8　13	9　1	10　2	11　3	12　4	13　5

(2) V形对绕法　　尾随前一序次所跨的槽嵌绕，嵌绕顺序见下表：

表 6.1.8(b)　V形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
线圈槽号	1　6	6　11	11　3	3　8	8　13	13　5	5　10	10　2	2　7	7　12	12　1	1　9	9　1

6.1.9　15槽2极电枢转子绕法

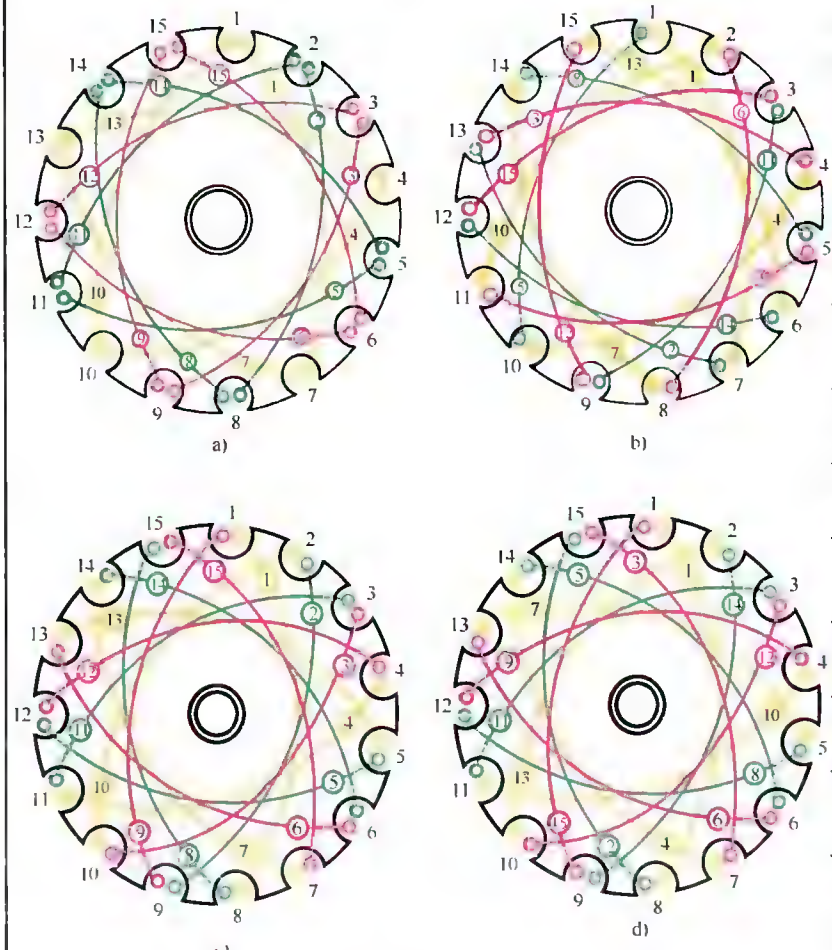


图　6.1.9

1. 缠绕特点　　15槽2极的串励电动机转子可采用叠绕和V形对绕．实用上此规格电枢的槽节距有 $y=6$ 和 $y=7$ 两种；当 $y=6$ 时，V形对绕将分别形成二个独立的嵌绕闭路

2. 嵌绕方法

（1）叠绕法（$y=6$）

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
线圈	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
槽号	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6

（2）V形对绕法（$y=6$）

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
线圈	1	7	13	4	10	2	8	14	5	11	3	9	15	6	12
槽号	7	13	4	10	1	8	14	5	11	2	9	15	6	12	3

（3）叠绕法（$y=7$）

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
线圈	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
槽号	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6	7

（4）V形对绕法（$y=7$）

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
线圈	1	8	15	7	14	6	13	5	12	4	11	3	10	2	9
槽号	8	15	7	14	6	13	5	12	4	11	3	10	2	9	1

6.1.10　16槽2极电枢转子绕法

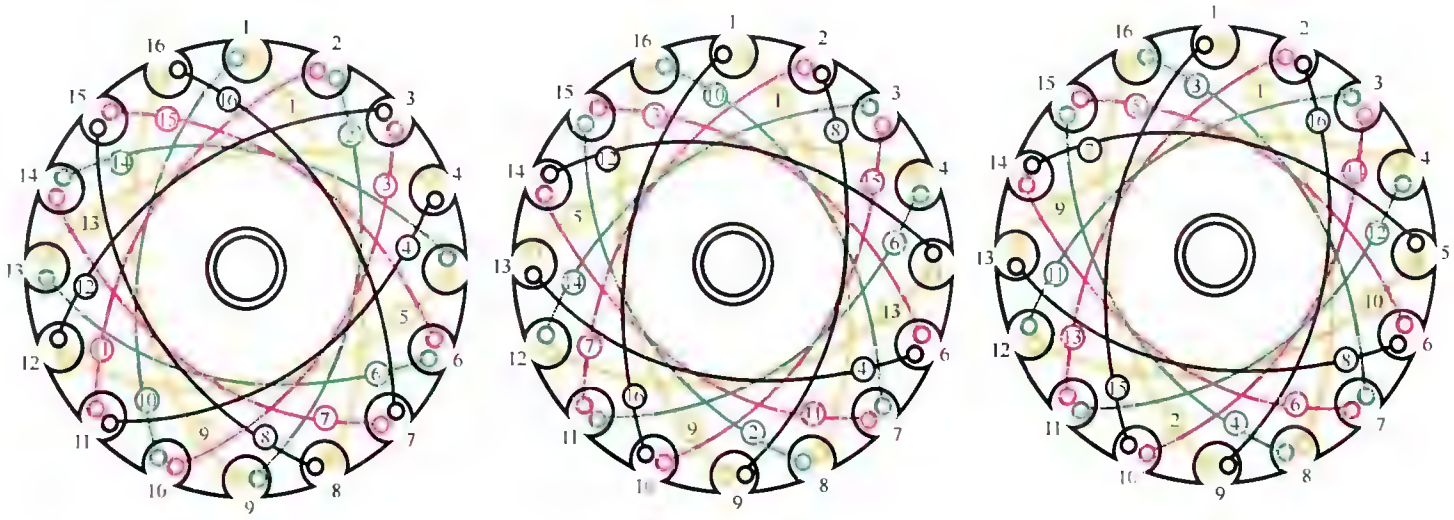


图　6.1.10

1. 缠绕特点　　本例转子是偶数槽，而且槽数是4的倍数，故可采用三种嵌绕方法。

2. 嵌绕方法

（1）叠绕法　　逐个线圈按槽顺次嵌绕，嵌绕顺序见下表：

表 6.1.10(a)　叠绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1　8	2　9	3　10	4　11	5　12	6　13	7　14	8　15
嵌绕次序	9	10	11	12	13	14	15	16
线圈槽号	9　16	10　1	11—2	12　3	13—4	14　5	15　6	16　7

（2）V形对绕法　　嵌绕顺序见下表：

表 6.1.10(b)　V形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1　8	8　15	15　6	6　13	13　4	4　11	11　2	2　9
嵌绕次序	9	10	11	12	13	14	15	16
线圈槽号	9—16	16　7	7　14	14　5	5　12	12　3	3　10	10　1

（3）平行对绕法　　嵌线顺序见下表：

表 6.1.10(c)　平行对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1　8	9　16	16　7	8　15	15　6	7　14	14　5	6　13
嵌绕次序	9	10	11	12	13	14	15	16
线圈槽号	13　4	5　12	12　3	4　11	11　2	3　10	10　1	2　9

6.1.11　19槽2极电枢转子绕法

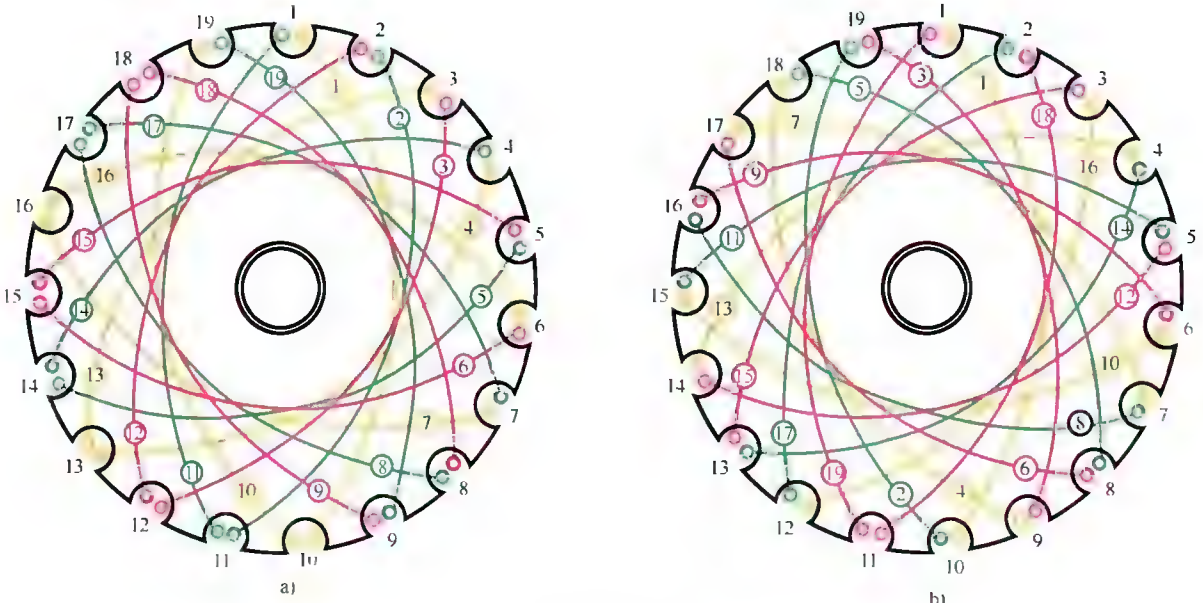


图　6.1.11

1. 缠绕特点　　此转子槽节距 $y=9$，可采用两种嵌绕方法，并绕工艺嵌线次数为19次。

2. 嵌绕方法

（1）叠绕法　　嵌绕时顺槽序跨节距逐个嵌入，嵌绕次序见下表：

表6.1.11(a)　叠绕法

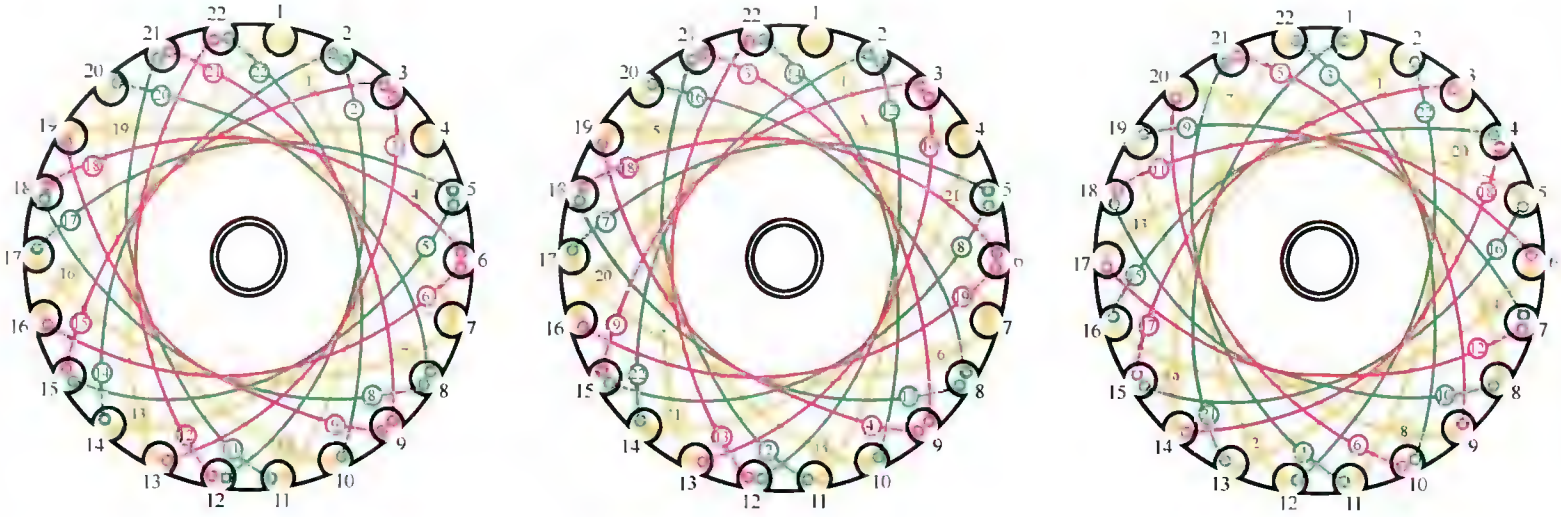
嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
线圈槽号	1	10	2	11	3	12	4	13	5	14
嵌绕次序	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
线圈槽号	6	15	7	16	8	17	9	18	1	19

（2）V形对绕法　　第1只线圈跨9槽节距嵌绕，下一线圈尾随跨入槽嵌绕，嵌绕顺序见下表：

表6.1.11(b)　V形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
线圈槽号	1	10	19	9	18	8	17	7	16	6
嵌绕次序	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
线圈槽号	15	5	14	4	13	3	12	2	11	1

6.1.12　22槽2极电枢转子绕法…



a)　　b)　　c)

图　6.1.12

1. 缠绕特点　　转子为偶数槽，线圈槽节距 $y=10$，可采用3种嵌法　V形对绕时将分别由奇数号槽和偶数号槽形成两个嵌绕闭路；平行对绕因槽数不是4的倍数，故其对称程度尚存不足

2. 嵌绕方法

a）叠绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
线圈槽号	1 11	2 12	3 13	4 14	5 15	6 16	7 17	8 18	9 19	10 20	11 21
嵌绕次序	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
线圈槽号	12 22	13 1	14 2	15 3	16 4	17 5	18 6	19 7	20 8	21 9	22 10

b）V形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
线圈槽号	1 11	11 21	21 9	9 19	19 7	7 17	17 5	5 15	15 3	3—13	13 1
嵌绕次序	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
线圈槽号	2 12	12 22	22—10	10—20	20—8	8—18	18—6	6 16	16 4	4 14	14 2

c）平行对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
线圈槽号	1 11	12 22	22 10	11 21	21 9	10 20	20 8	9 19	19 7	8 18	18 6
嵌绕次序	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
线圈槽号	7 17	17—5	6—16	16—4	5—15	15 3	4 14	14—2	3 13	13 1	2 12

6.2 国产系列通用型单相串励电枢绕组布线接线图

本节串励电枢布线接线图例是根据国产系列通用型电机实例绘制，但由于生产厂家较多，在同一规格产品中，绕组的接线会有变化，故本图例采用的接线仅供参考。拆除绕组修理时，可根据槽内元件出线头与换向器的相对位置标记，找出相应图例进行接线。如果修理中疏忽或其它原因而无法确定原来接线定位，可参考作者在本社出版的《中小型电机修理》一书中的有关交直流串励电枢绕组接线所述内容，确定线头与换向器的相对位置。为方便读者使用图例，特作如下说明：

1. 电枢转子铁心外圆及换向器等基本轮廓用墨线画出，中心小圈代表转轴；每槽由两只彩色小圈代表两个线圈有效边，线圈端部用不同彩线轮换绘出，以示清晰醒目便于区分。

2. 交流串励电枢一般采用手绕，常用一至数根绝缘导线并绕规定匝数构成一只线圈，而每一并绕根数为一元件。

3. 手绕电枢槽内本无上下层之分，但为制图方便使画法规整，例图仍以上下层次的两小圆画出。

4. 转子的装配结构有两类：A 类结构的转子，槽中心线与换向器云母片中心线重合；B 类结构则槽中心线与换向片中心线重合。

5. 线圈与换向器的接线可归纳为两种形式：一是以始槽为基准借偏接线，即线圈另一有效边在跨距槽的出线头也引到始槽附近对应的换向片上。例如图 6.2.2 中，始槽(1 槽)线圈(下层边)二元件引接到换向片 1、2，跨距槽(5 槽上层边)的二元件线头也引接到 1 槽附近的 2、3 换向片；另一种是以跨距槽为基准借偏接线，即始槽线头将在跨槽对应的换向片上接线。例如图 6.2.3 便是此例。

6. 为了便于识别，除文字说明外，对上述两种基准借偏接线，还在例图中用槽内上下层小圆的颜色组成区分：

(1) 上红下黄并用红色引接线绘制的为 A 类结构的始槽借偏接线图例；

(2) 上黄下绿并用黄色引接线绘制的为 A 类结构的跨距槽基准借偏接线图例；

(3) 上绿下黄并用绿色引接线绘制的为 B 类结构的始槽基准借偏接线图例；

(4) 上红下绿并用黄色引接线绘制的为 B 类结构的跨距槽基准借偏接线图例。

7. 槽内线圈有效边由 n 个元件组成时，例图将用 n 种彩色线引出接入换向片。

8. 根据修理时做标记的习惯，图例设始(1 号)槽的第 1 个元件边及其接入的换向片为 1 号；第 2 元件为 2 号，余类推。

9. 换向片的“借偏”接线是以槽中心线为基准计，但有两种表示形式：一是以每槽所占换向片数的中心线与槽中心线的偏移片数表示；另一是以 1 号换向片中心线与槽中心线的偏移片数表示。因前者较规范，为本节采用的借偏形式。

10. 标题含义：标题以复式参数表示。

10×2 槽 B 1

- 10×2 槽 B 1
  - 1：接线借偏基准。其中 1 是以始槽为基准借偏；2 是以跨距槽为基准借偏；
  - B：转子装配结构，详见说明之 4；
  - 2：每槽包含元件(虚槽)数；
  - 10×2：电枢实槽数(10×2 为复式参数，其积表示共有 20 个虚槽或元件数；还表示换向片数为 20 片)

6.2.1　8×3 槽 B—1 类通用型(正对)电枢绕组

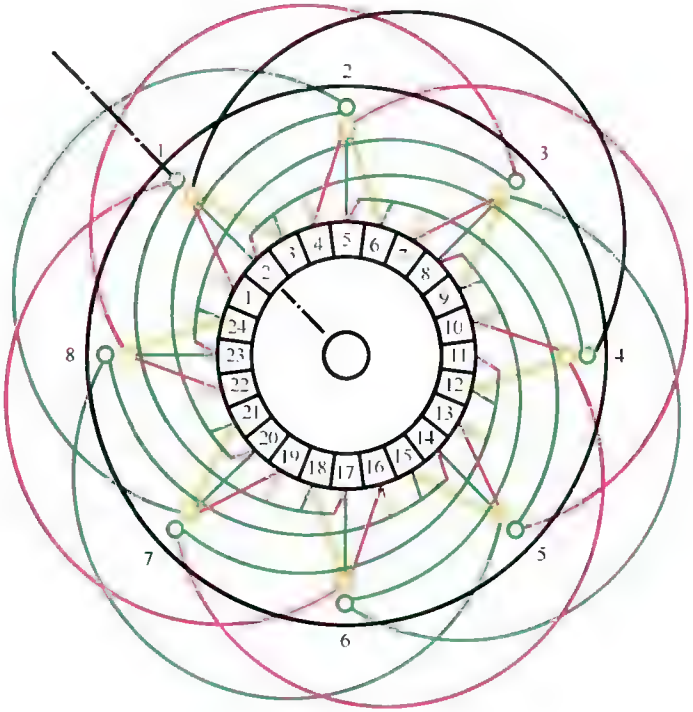


图　6.2.1

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=8$　每槽元件　$n=3$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1-4$

换向片数　$K=24$　换向节距　$y_k=1-2$

2. 结构及嵌接特点　本例转子的换向片中心线与始槽中心线重合，是 B 类结构。每槽元件数 $n=3$，即每槽含换向片 3 片，如图所示，1 号槽 3 元件分别接入 1、2、3 号换向片，而接入 3 片的中心线在 2 号片中心线上，即与槽中心线重合，故其接线属"正对"接线。该线圈跨距进入槽 4 时，3 个元件的尾线分别对应接到换向器的 2、3、4 号片上；第 2 槽线圈 3 个元件头端顺次接入换向片 4、5、6，其跨距槽 5 的尾线则分别接到片 5、6、7。其余由此类推。凡串励电枢绕组的接线原理均与此同。

本例单相串励电动机电枢绕组虽是按正对接线设计，但线圈元件与换向片间的连接关系通用于其它借偏(非正对)接线的 8×3 槽 B 类结构的转子，因为借偏接线仅是每槽换向片中心与槽中心线位置的相对偏移，因此，只要按重绕拆线时确定 1 号槽元件接入换向器 1、2、3 片的确切位置，便可参考此图进行接线。

电枢用 3 根导线并绕，手绕方法可参考图 6.1.3。

3. 主要应用　本绕组在 G 系列、G 型及 U 型等 8×3 槽的电枢采用。

6.2.2　10×2 槽 B—1 类通用型(左借 0.5)电枢绕组

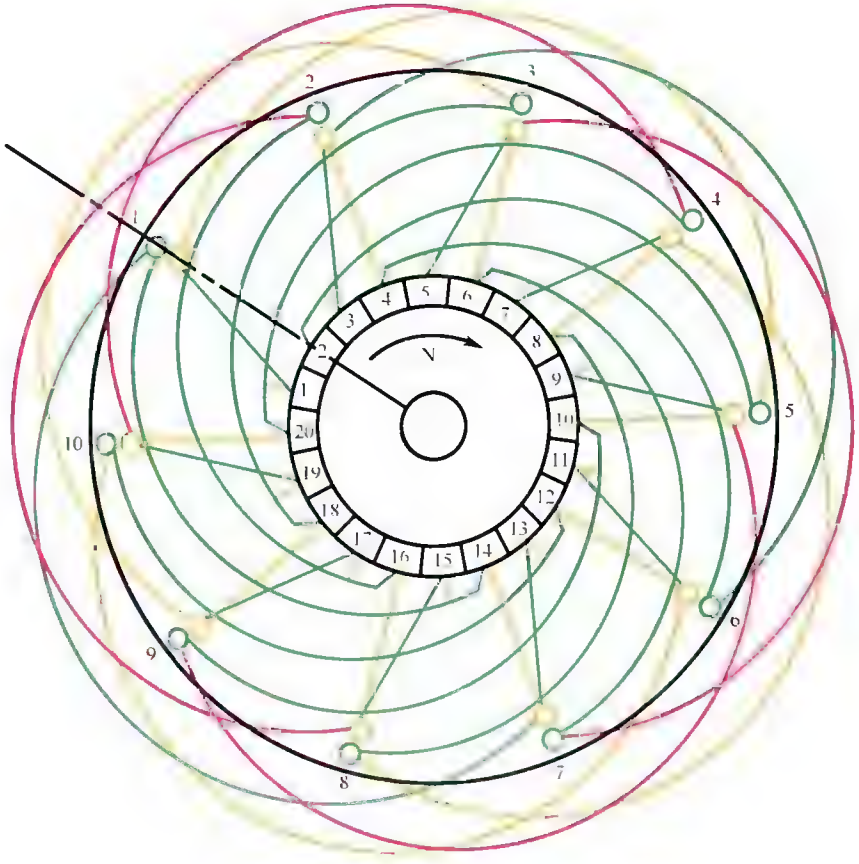


图　6.2.2

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=10$　每槽元件　$n=2$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1$

换向片数　$K=20$　换向节距　$y_K=1--2$

2. 结构及嵌接特点　本例转子槽的中心线与换向片中心线重合，属 B 类结构。始槽两换向片落在始槽中心线上。线圈是以始槽为基准向左借偏半片接线，即 1 号元件偏左 1 片接入换向器。此转子是偶数槽，线圈槽节距 $y=4$，短于极距 1 槽。嵌线时用 2 根并绕，即每圈包含元件数 $n=2$，图中用绿、黄二种彩色线条表示；每元件首尾端接入相邻两换向片，线圈跨入槽 5 后，对应元件分别引接到换向片 2、3，其余类推。电枢嵌线用手绕，嵌绕方法参考图 6.1.5。

3. 主要应用　此绕组应用实例有 U15 40—220、U15 56—220D 等单相串励电动机转子绕组。

6.2.3　11×3 槽 A—2 类通用型(右借 2.5)电枢绕组

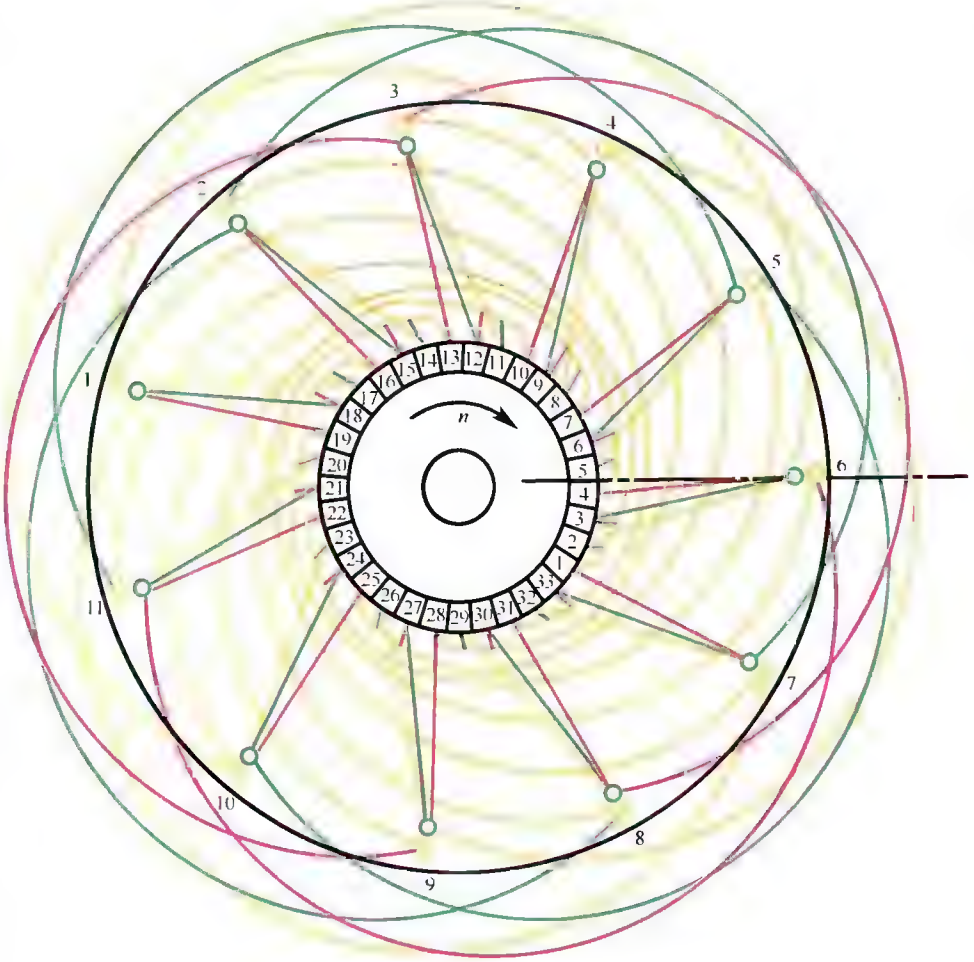


图　6.2.3

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=11$　每槽元件　$n=3$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1\quad 6$

换向片数　$K=33$　换向节距　$y_K=1-2$

2. 结构及嵌接特点　本绕组线圈以跨距槽借偏，基准槽 6 中心线与换向器云母片中心线重合，属 A 类转子结构。基准槽中心线两侧换向片编号为 4、5，其余片号如图所示。1 号槽 3 元件首端接入换向片 1、2、3，其中片 2 中线是 n 片中心线，即绕组是向右借偏 2 片半接线；而跨距槽 6 的线圈 3 个元件尾端则分别对应接入换向片 2、3、4。绕组嵌线采用手绕，嵌绕方法参考图 6.1.6。

3. 主要应用　本例电枢绕组应用于 G25 10 和 G30 '40 等单相串励电动机

6.2.4　11×3 槽 A—2 类通用型(右偏 1.5)电枢绕组

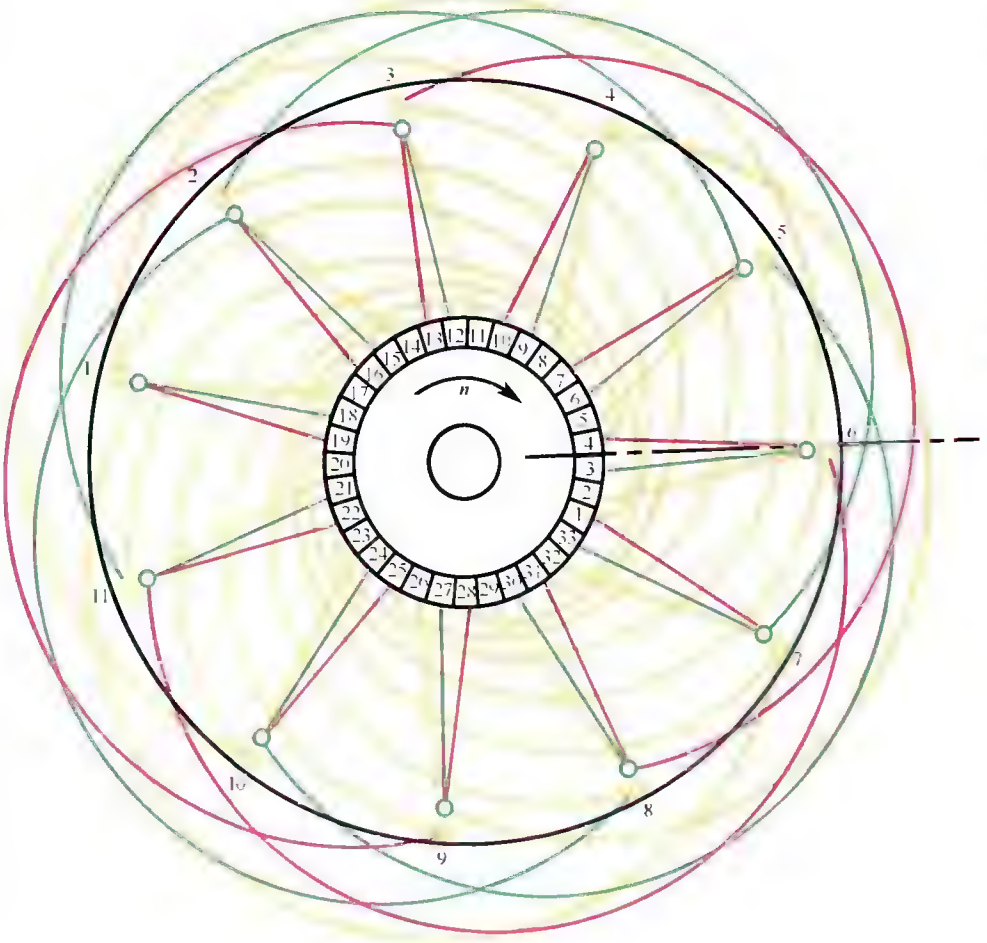


图　6.2.4

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=11$　每槽元件　$n=3$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1\quad 6$

换向片数　$K=33$　换向节距　$y_K=1\quad -2$

2. 结构及嵌接特点　转子为 A 类结构，其基准槽中心线与换向器云母片中心线重合。基准线两侧换向片编号为 3、4，其余编号如图所示。始槽线圈 3 个元件首端分别接入换向片 1、2、3，3 片的中心线在片 2，即与基准槽 6 中心偏偏向右 1 片半接线；槽 6 的线圈尾端分别对应接入换向片 2、3、4。绕组嵌线用 3 根导线并行手绕，嵌绕方法参考图 6.1.6。

3. 主要应用　本例绕组应用于 G80 40、G90 40 等单相串励电动机转子。

6.2.5　11×3 槽 A—2 类通用型(右借 3.5)电枢绕组

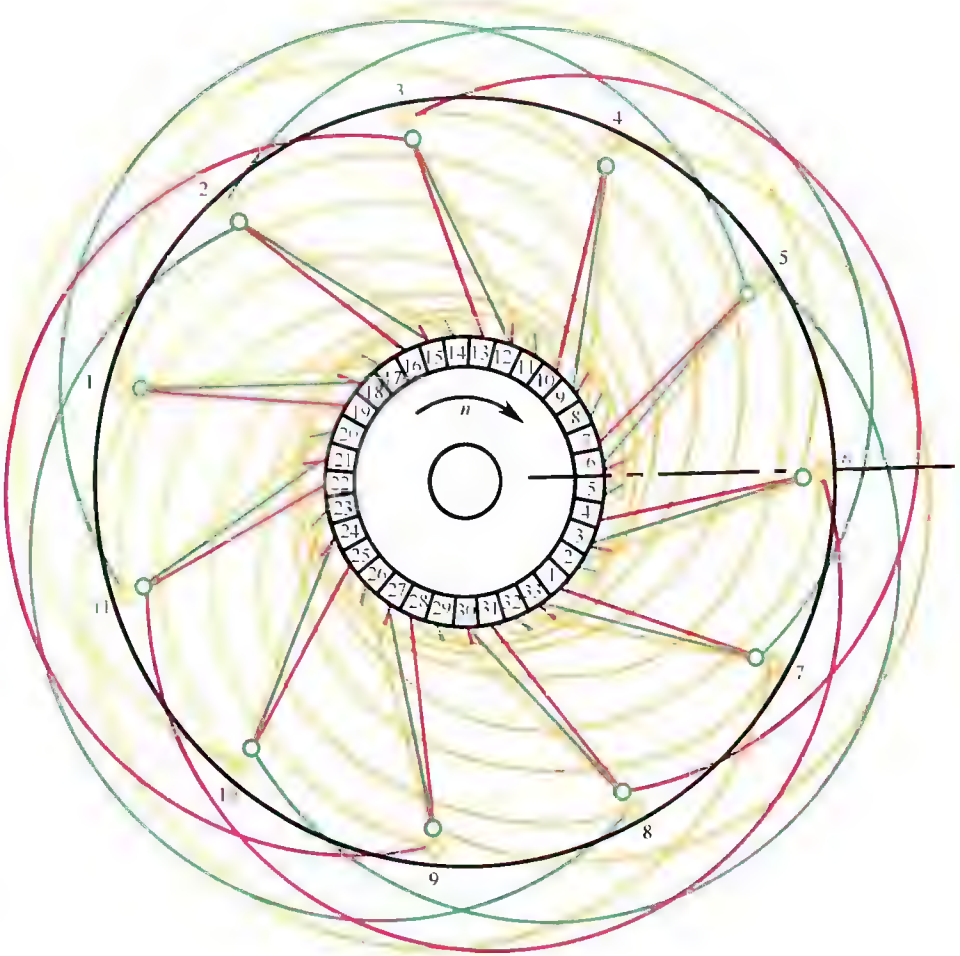


图　6.2.5

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=11$　每槽元件　$n=3$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1\quad 6$

换向片数　$K=33$　换向节距　$y_K=1\quad 2$

2. 结构及嵌接特点　基准槽中心线与换向器云母片中心线重合，转子属 A 类结构。线圈以跨距槽为基准借偏，每槽所占 3 片换向片，n 片的中心在 2 号片，故绕组是以跨距槽向右借偏 3 片半接线；而槽中心线两侧换向片编号为 5、6，其余编号如图 6.2.5 所示。1 号槽元件接入 1、2、3 片，相对应的尾端从 6 号槽引出后分别接入片 2、3、1。其余接线类推。电枢线圈用手绕，嵌绕方法参考图 6.1.6。

3. 主要应用　本例电枢应用于 G60-40、G40-40 等单相串励电动机转子

6.2.6　12×2 槽 B—1 类通用型(左借 1.5)电枢绕组

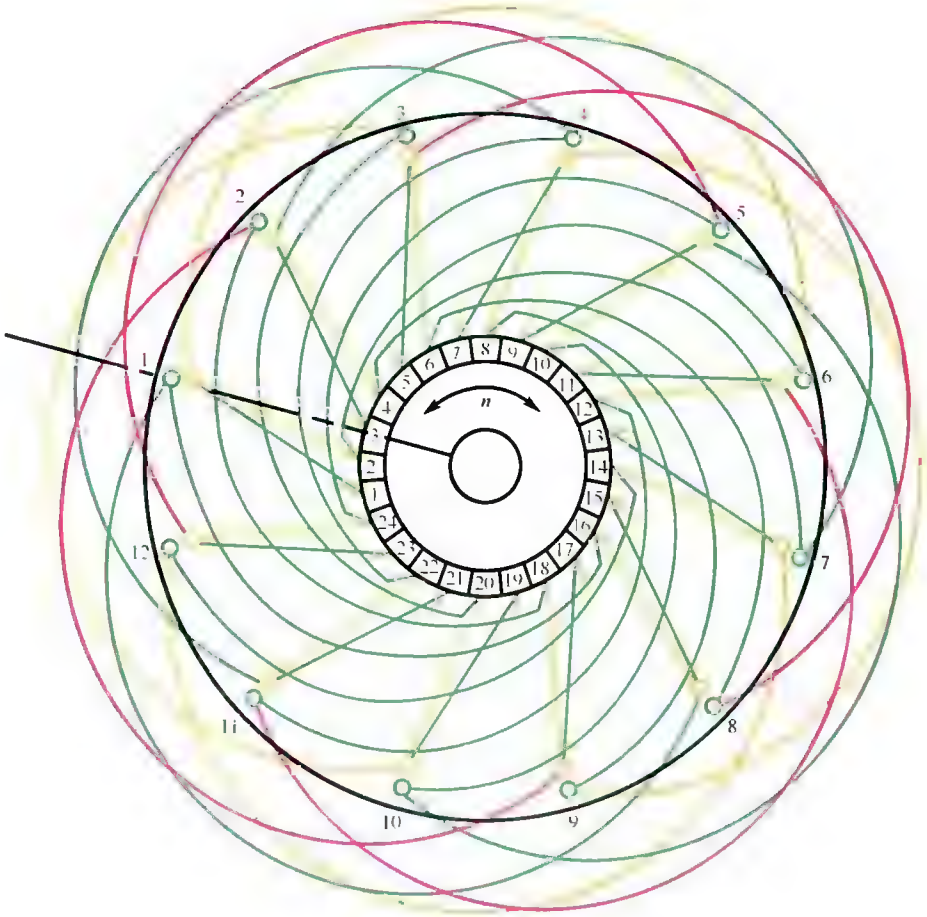


图　6.2.6

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=12$　每槽元件　$u=2$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1\sim6$

换向片数　$K=21$　换向节距　$y_k=1-2$

2. 结构及嵌接特点　此转子是 B 类结构。始槽中心线与换向片中心线重合，并将该换向片编号为 3，则其余换向片编号如图 6.2.6 所示。因每槽元件数 $u=2$，故 u 片中心线在 1、2 号片之间的云母片，所以线圈接线是以始槽基准向左借偏 1 片半接入换向器，即始槽 1、2 号元件分别接到换向片 1、2，其线圈跨至槽 6 后，引出尾端则分别对应接到换向片 2、3。其余类推。电枢常用 2 根导线并绕，手绕的方法参考图 6.1.7

3. 主要应用　本例应用实例有 U40 36-（24D、110D）等单相串励电动机。

6.2.7　12×3 槽 B—1 类通用型(正对)电枢绕组

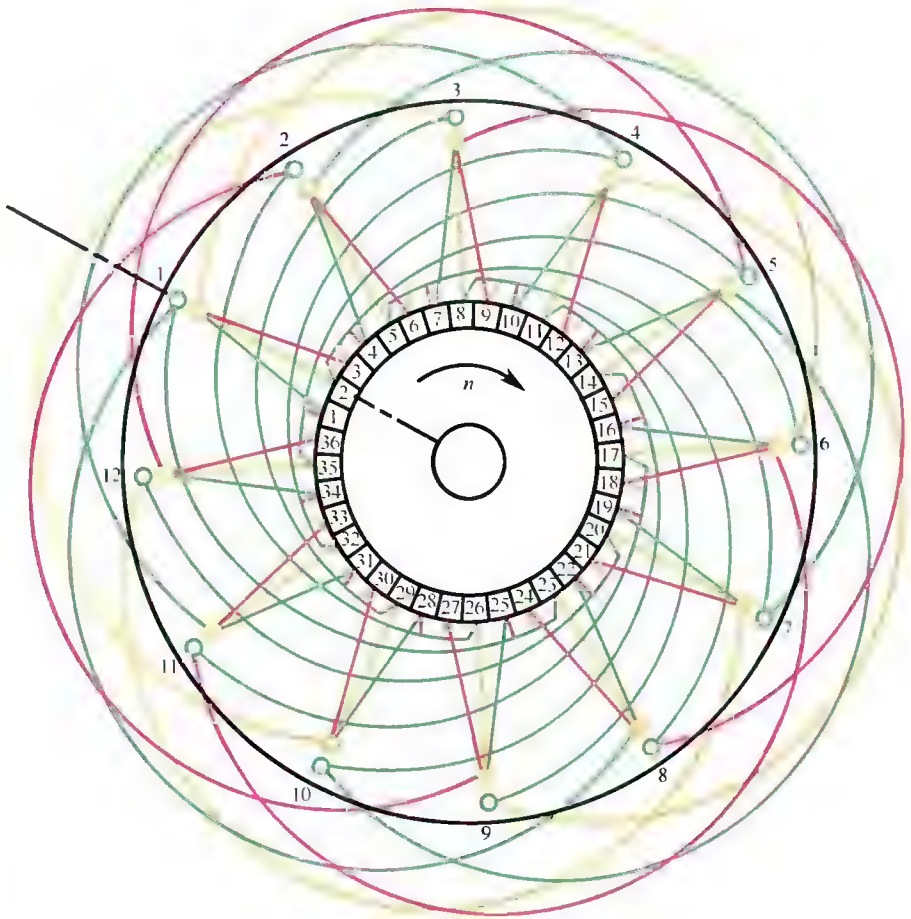


图　6.2.7

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=12$　每槽元件　$n=3$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1\sim6$

换向片数　$K=36$　换向节距　$y_k=1\sim2$

2. 结构及嵌接特点　转子是 B 类结构，始槽中心线与换向片中心线重合。两中心线重合的换向片编为 2 号，而每槽元件数 $n=3$，则 n 片中心线也在 2 号片，即 n 片中心与始槽中心线重合(没有借偏)，属正对接线。始槽线圈 3 元件线头分别接入换向片 1、2、3；尾线由槽 6 引出，并分别对应接到换向片 2、3、4。其余线圈接线类推。电枢用 3 根导线并绕，手绕的方法参考图 6.1.7。

3. 主要应用　本例绕组应用实例主要有 U30/40—220 型单相串励电动机转子电枢绕组。

6.2.8　12×3 槽 B—1 类通用型(左借 2.0)电枢绕组

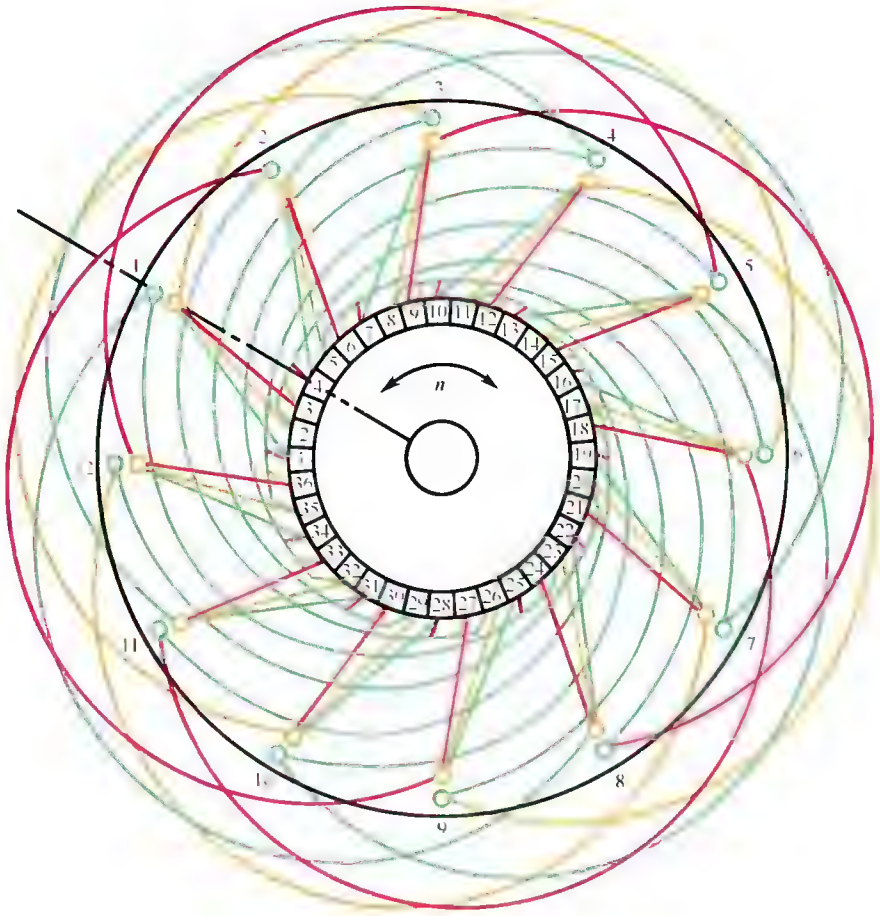


图　6.2.8

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=12$　每槽元件　$n=3$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1-6$

换向片数　$K=36$　换向节距　$y_k=1-2$

2. 结构及嵌接特点　本例转子的换向片中心线与始槽中心线重合，是 B 类结构。被槽中心线穿过的换向片则编为 4 号。其余换向片编号如图所示。因每槽元件数 $n=3$，n 片中心在片 2，故线圈接线是以始槽为基准向左借偏 2 片。实质 1 号片偏左 3 片接线时始槽线圈 3 根线头分别接入换向片 1、2、3 的线槽；其尾线由跨距的槽 6 引出，并分别对应接入 2、3、4 片。其余接线类推。电枢手绕的方法参考图 6.1.7

3. 主要应用　本绕组主要应用实例有 U80-50—110D 及 U80-50—220D 等单相串励电动机转子电枢

6.2.9　16×3 槽 B—1 类通用型(正对)电枢绕组

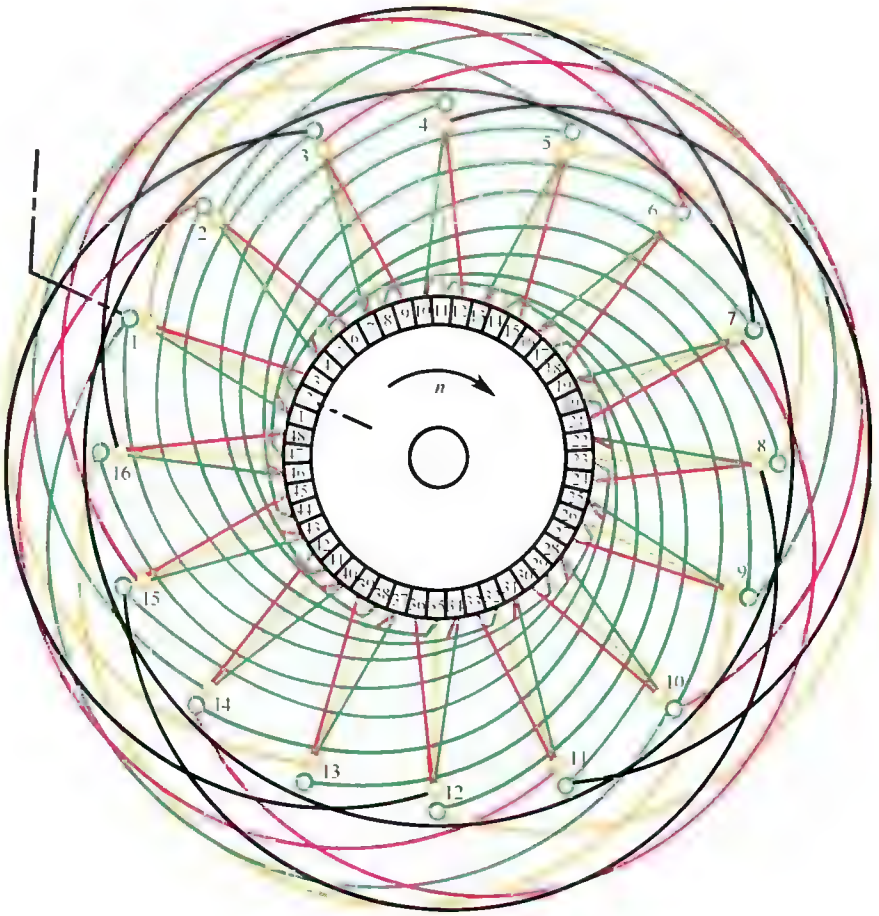


图　6.2.9

1. 绕组参数

转子槽数　Z=16　每槽元件　n=3

电机极数　$2p$=2　实槽节距　y=1～8

换向片数　K=48　换向节距　y_k=1-2

2. 结构及嵌接特点　转子槽中心线与换向片中心线重合，是B类结构。转子铁心采用斜槽，槽中心线取自铁心中段，过槽口中点与转轴线平行的线为槽中心线。线圈以始槽为基准借偏，与始槽中心线重合的换向片编号为2，其余换向片编号如图所示。因每槽元件 n=3，n 片中心线在2号片，并与始槽中线重合，故属换向片正对接线，即始槽元件引线分别接入1、2、3片，跨距槽8的线圈3个线尾则分别对应接入换向片2、3、4。其余类推。电枢手绕嵌线方法见图6.1.10

3. 主要应用　本例绕组主要应用于U120-40-220V、U180-40-220V等单相串励电动机电枢转子

6.2.10　16×3槽B—1类通用型(左借2.0)电枢绕组

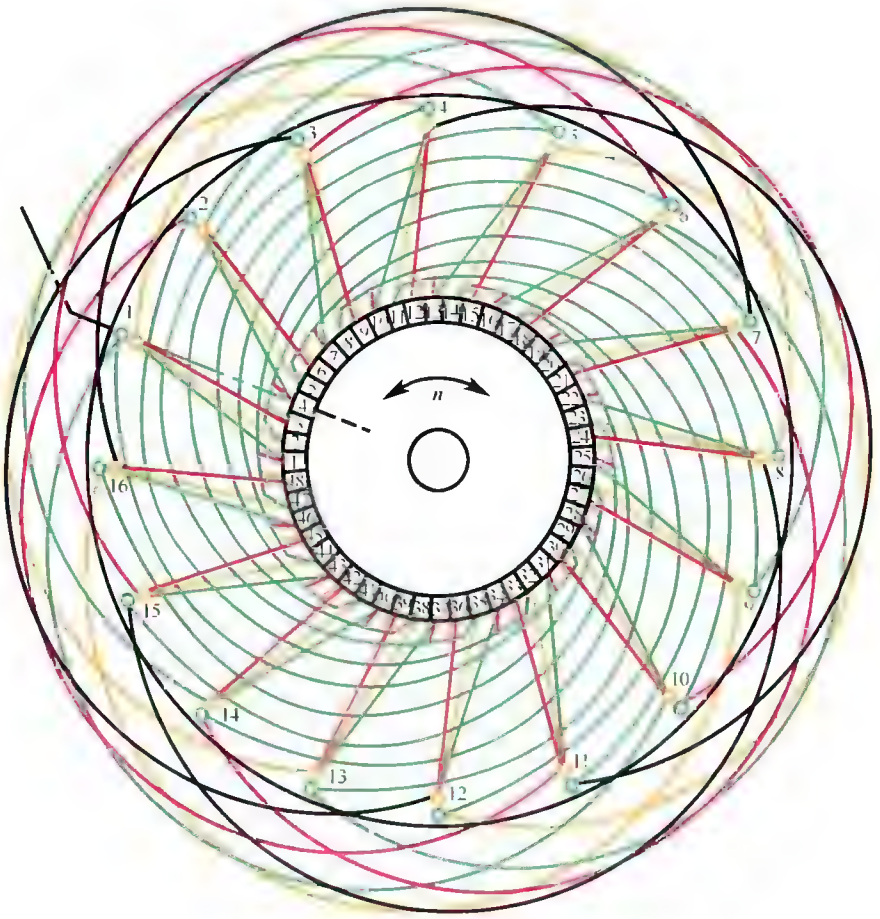


图　6.2.10

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=16$　每槽元件　$n=3$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1-8$

换向片数　$K=48$　换向节距　$y_k=1-2$

2. 结构及嵌接特点　本例转子是B类结构，槽中心线与换向片中心线重合，并采用斜槽铁心，槽中心线取自铁心中段，过槽口中点与转轴线平行的线为槽中心线。线圈以始槽为基准借偏，并把与始槽中心线重合的换向片定为4号，其余编号如图所示。因n片中心在片2，故始槽线圈是向左借偏2片接线，即1号槽3元件分别接到换向片1、2、3；线圈跨至槽8后，对应的元件线尾分别接入2、3、4片。其余线圈接线类推。电枢手绕方法参考图6.1.10。

3. 主要应用　本例绕组主要应用于老系列单相串励电动机，应用实例有SU—1、SU—2等

6.2.11　19×2 槽 A—2 类通用型(左借 2.0)电枢绕组

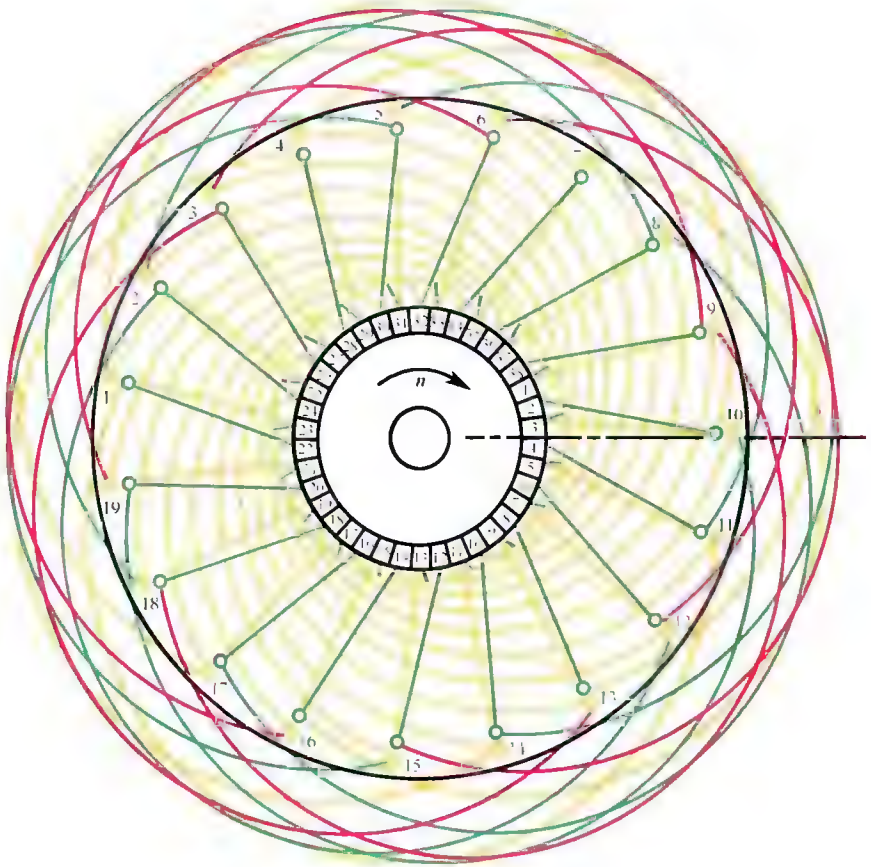


图　6.2.11

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=19$　每槽元件　$n=2$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1\sim10$

换向片数　$K=38$　换向节距　$y_k=1\sim2$

2. 结构及嵌接特点　转子槽中心线与换向器云母片中心线重合，是 A 类结构。始槽中心线两侧换向片分别编号为 3、4，其余片号如图所示。本例线圈是以跨距槽为基准借偏，每槽元件数 $n=2$，n 片中心线在换向片 1、2 之间的云母片，即线圈以跨距槽 10 为基准向左借偏 2 片接线。接线时，始槽 1 的两元件线头分别引接到跨距槽下的换向片 1、2，跨距槽 10 的两线尾分别对应接入换向片 2、3，其余接线类推。电枢线圈用手绕，嵌绕方法参考图 6.1.11

3. 主要应用　本绕组主要用于 G 系列单相串励电动机转子，实例有 G250-10 等

6.2.12　19×2 槽 A—2 类通用型(正对)电枢绕组

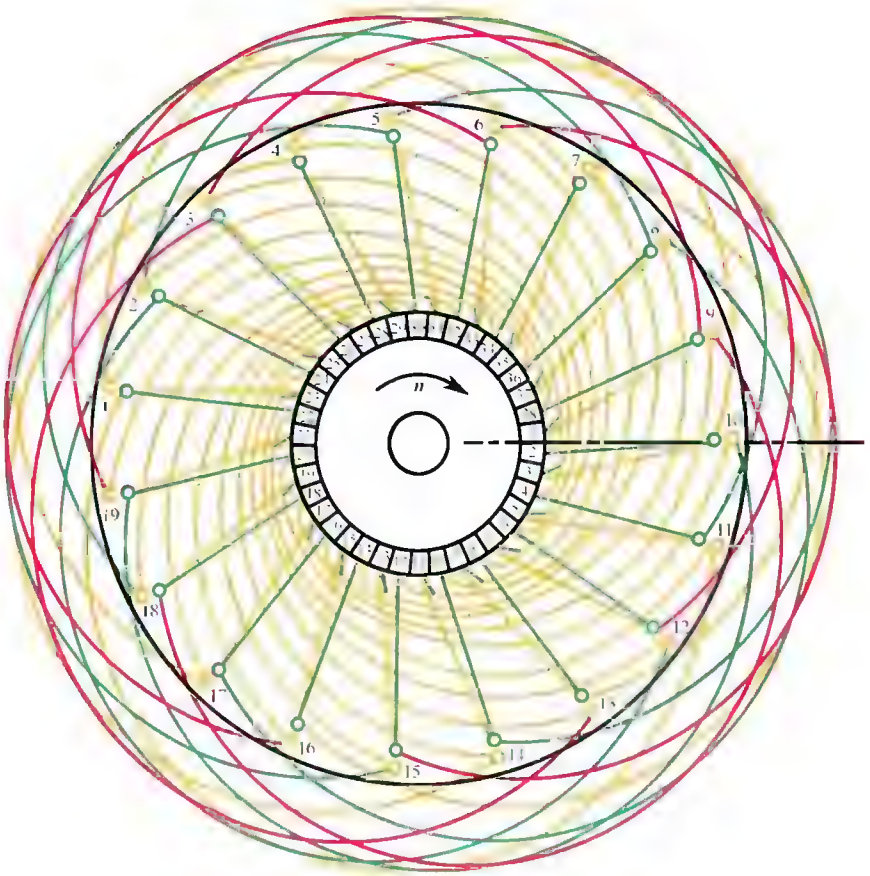


图　6.2.12

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=19$　每槽元件　$n=2$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1\sim10$

换向片数　$K=38$　换向节距　$y_K=1\sim2$

2. 结构及嵌接特点　转子为 A 类结构，槽中心线与云母片中心线重合，跨距槽 10 的中心线两侧换向片编号为 1、2，其余编号如图所示。本绕组每槽元件数为 2，n 片中心在 1、2 号片之间的云母片，若以跨距槽为基准借偏，则本例属正对接线。始槽 1 的元件头端分别接入片 1、2，其尾端从跨距槽 10 引出后也分别对应接在换向器的片 2、3。其余类推。电枢线圈用手绕，嵌绕方法参考图 6.1.11。

3. 主要应用　此绕组主要应用于单相串励电动机电枢转子，实例有 G120-40 等。

6.2.13　19×2 槽 A—2 类通用型(右借 1.0)电枢绕组

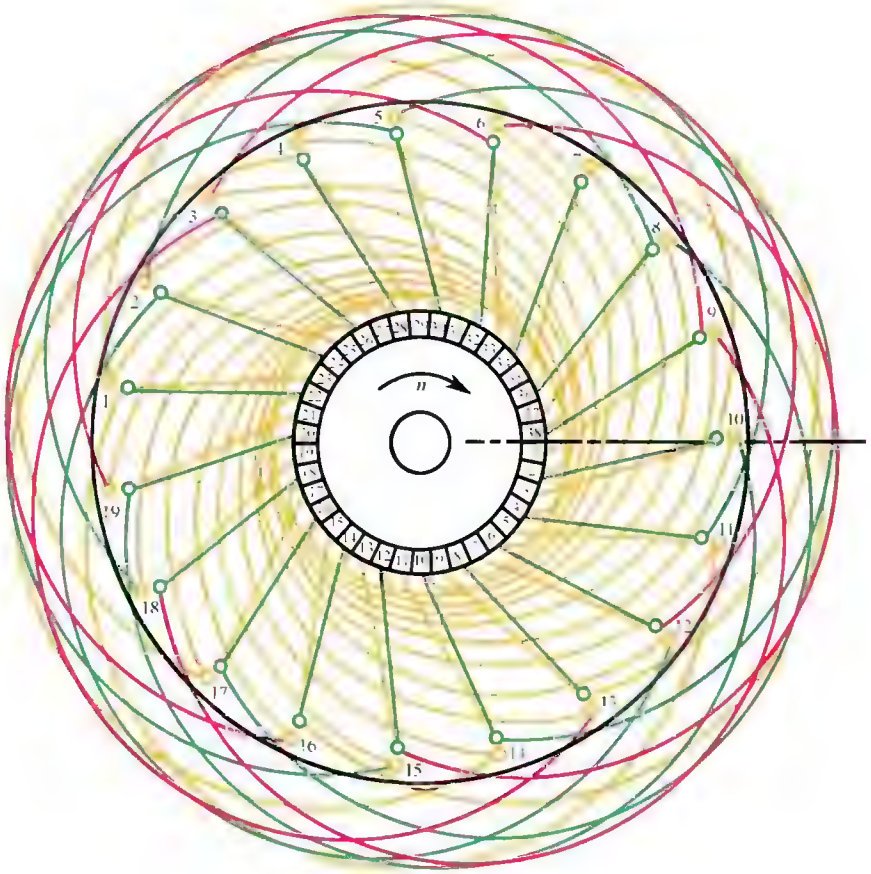


图　6.2.13

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=19$　每槽元件　$n=2$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1\quad 10$

换向片数　$K=38$　换向节距　$y_k=1\quad 2$

2. 结构及嵌接特点　本例是 A 类结构，槽中心线与换向片中心线重合。始槽中心线两侧换向片编号为 38、1 号，其余片号如图所示。本绕组是以跨距槽为基准借偏，n 片中心在片 1、2 之间的云母片，故线圈是向右借偏 1 片接线。始槽元件线头分别接入换向器 1、2 号片，线圈跨节距从槽 10 引出的元件线尾则分别对应接到 2、3 号换向片。其余线圈接线按此类推。电枢线圈用手绕，嵌绕方法参考图 6.1.11。

3. 主要应用　本绕组主要用于 G 系列单相串励电动机电枢转子，应用实例有 G180-40 等

6.3 国产专用型单相串励电枢绕组布线接线图

本节串励电枢图例是通用型系列之外的电动机，主要包括家电产品、手电钻以及其他专用工具的串励电动机电枢绕组。本图例标题及绘制说明请参考6.2节内容。

6.3.1 3×1槽B类专用型电枢绕组

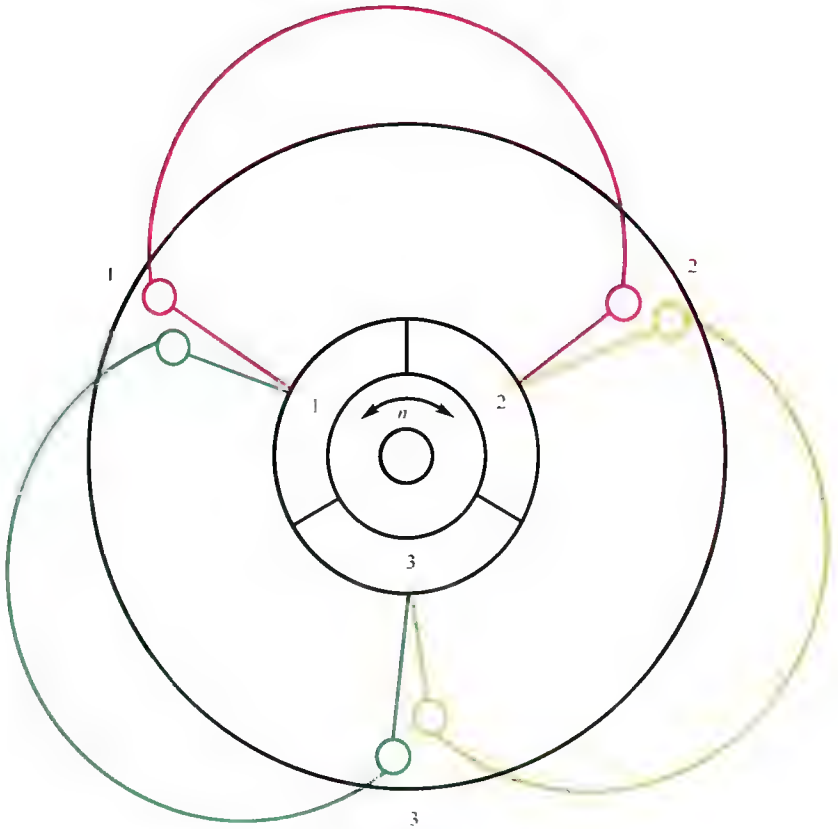


图 6.3.1

1. 绕组参数

转子槽数 $Z=3$ 每槽元件 $n=1$

电机极数 $2p=2$ 实槽节距 $y=1$ 2

换向片数 $K=3$ 换向节距 $y_k=1$ 2

2. 结构及嵌接特点　本例电枢转子槽的中心线与换向片中心线重合，应属B类结构。转子只有3槽，每槽只有两个线圈边，即每线圈由单根绝缘导线缠绕，故虚槽数与实槽数相等，而槽节距等于换向片节距，是串励电枢绕组特殊的最简单型式绕组的嵌绕也很简单，仅需3次便可完成，嵌绕顺序可参考图6.1.1。

3. 主要应用　本例电枢绕组应用于电动剃须刀、简易电吹风以及玩具电动机等。

6.3.2　8×1 槽 B—1 类专用型电枢绕组

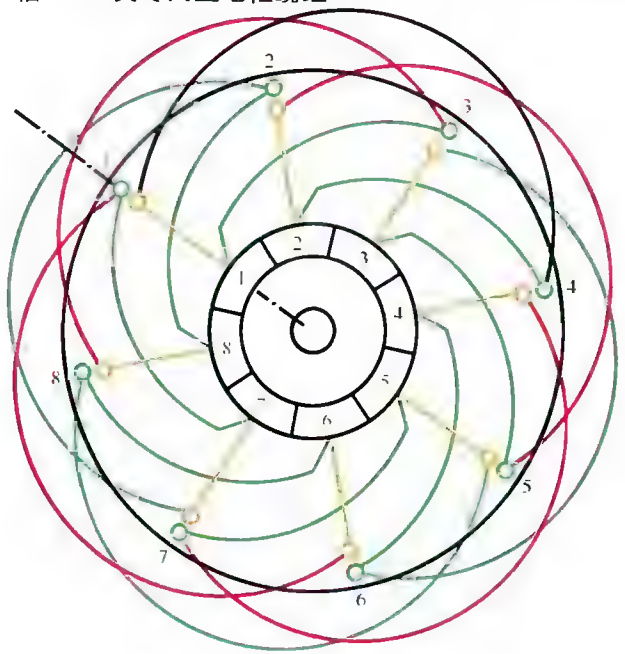


图　6.3.2

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=8$　　每槽元件　$n=1$

电机极数　$2p=2$　　实槽节距　$y=1\quad 1$

换向片数　$K=8$　　换向节距　$y_K=1\quad 2$

2. 结构及嵌接特点　　本例电枢(转子)是按 B 类结构设计，并使 1 号换向片中心线与始槽中心线重合。本图是按正对(即没有借偏)绘制的，如果实际修理时，若 1 号片借偏，则确定 1 号片位置后，仍可按此关系进行接线。另外，因本例每槽元件数 $n=1$，即每线圈仅有 1 只元件，故绕线时仅用 1 根导线缠绕。本绕组是偶数槽，且是 4 的倍数，故除可用叠绕法和 V 形对绕法外，还可选用平行对绕法，具体嵌绕方法可参考图 6.1.3 进行。

3. 主要应用　　8×1 槽串励电枢绕组实际应用不多，仅见于微型电吹风转子。

6.3.3　9×3 槽 A—1 类专用型电枢绕组

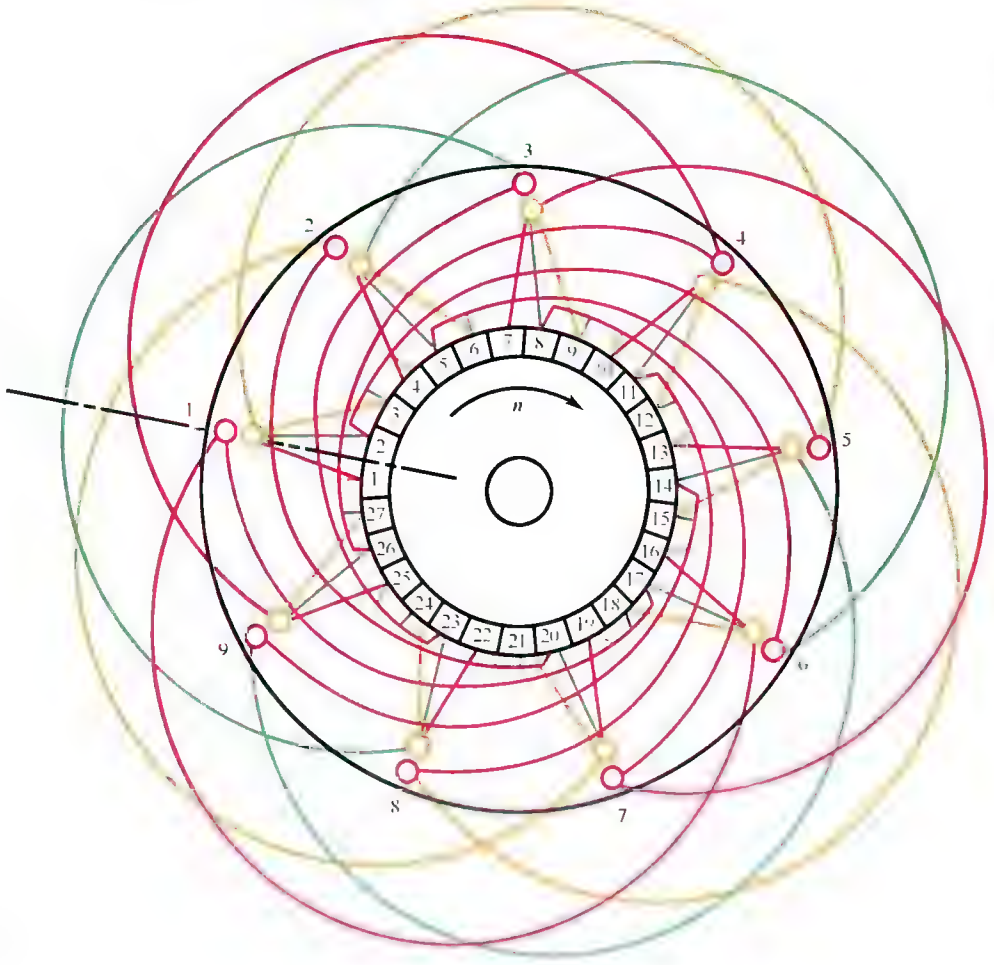


图　6.3.3

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=9$　　每槽元件　$n=3$

电机极数　$2p=2$　　实槽节距　$y=1$

换向片数　$K=27$　　换向节距　$y_K=1\sim2$

2. 结构及嵌接特点　　转子为 A 类结构。换向片 1 号(起始换向片)在 1 号槽(起始槽)中心线附近，即线圈以始槽基准借偏。2 号元件偏右半片接入换向器。此转子为 9 槽，按双层绕组概念则每槽所占 1 线圈，而每圈包含 $n=3$ 元件(即用三根导线并绕)，每元件的引线在图中用红、绿、黄三色线表示，每元件的首尾端接入相邻两换向片的线槽。因此槽 1 线圈的 3 元件便分别接入换向片 1、2、3，线圈跨入槽 5(上层)后，对应的 3 元件尾线则分别引接到换向片 2、3、4。其余接线类推。电枢嵌线用手绕，嵌绕方法参考图 6.1.4

3. 主要应用　　本例电枢应用于 J1Z—6 手电钻及 ϕ56mm 冲片的电动工具用电动机的转子。

6.3.4　11×3 槽 A—1 类专用型(右借 0.5)电枢绕组

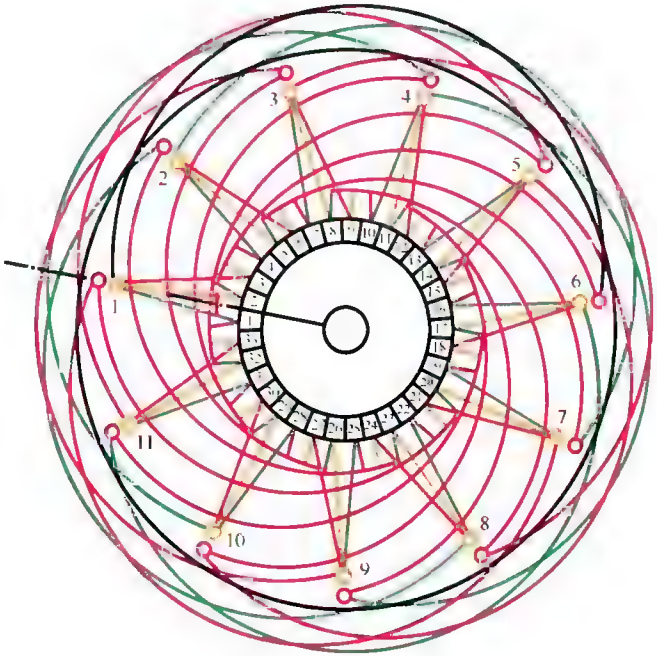


图　6.3.4

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=11$　每槽元件　$n=3$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1$

换向片数　$K=33$　换向节距　$y_k=1$　2

2. 结构及嵌接特点　本例转子是 A 类结构，并以始槽借偏接线。每槽元件 $n=3$，n 片中心在换向片 2 号，而始槽中心线与 1、2 号片之间的云母片重合，即两中心线相距半片，故系向右借偏 0.5 片接线方案。本例采用短距布线，实槽节距较极距缩短半槽：1 号线圈尾线从跨距槽引出后，分别对应接入换向片 2、3、4。其余接线由此类推。

绕组嵌线用手绕法，因 $n=3$，故用 3 根导线并行嵌绕。嵌线方法可有两种：一是叠绕法，另一是 V 形对绕法。具体方法与嵌绕次序可参考图 6.1.6

3. 主要应用　本绕组应用于某厂家的电动缝纫机的电动机

6.3.5　11×3 槽 B—1 类专用型电枢绕组

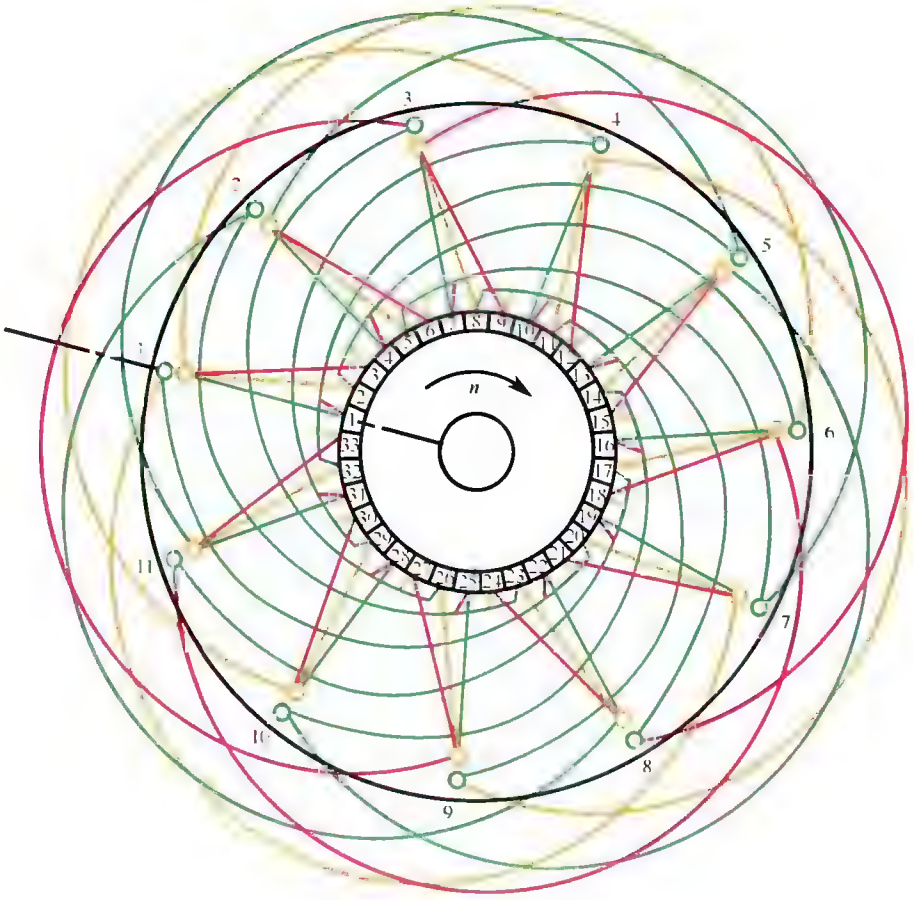


图　6.3.5

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=11$　每槽元件　$n=3$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1$　6

换向片数　$K=33$　换向节距　$y_K=1$　2

2. 结构及嵌接特点　本例转子槽中心线对准换向片中心线，属 B 类结构。而且，槽中心线穿过起始换向片，故是以始槽为基准借偏接线，这时 1 号片与槽中线重合，而 n 片中心线在片 2，故属向右借偏 1 片接线。绕组每圈包含 3 元件，即用手绕时由 3 根导线并绕，每元件的引线分别用绿、黄、红三色表示，并接到换向片 1、2、3；因每元件首尾端必须接在相邻换向片上，故其尾端应接入换向片 2、3、4。此线圈节距为 1 槽，手绕嵌线的嵌绕方法可参考图 6.1.6。

3. 主要应用　本例实际应用于 ZIJH　20 冲击电钻、同 M1B -90 2 电刨等 ϕ71mm 冲片的电动工具用单相串励电动机电枢绕组

6.3.6　11×3 槽 B—2 类专用型电枢绕组

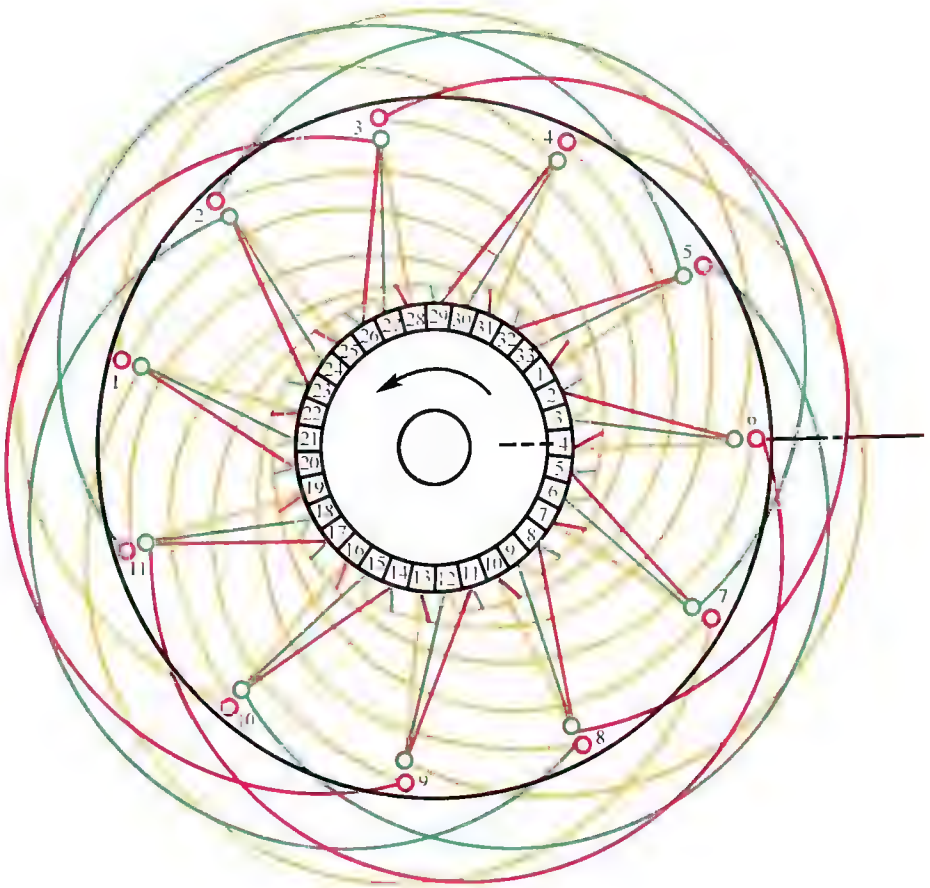


图　6.3.6

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=11$　每槽元件　$n=3$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1\sim6$

换向片数　$K=33$　换向节距　$y_k=1\sim2$

2. 结构及嵌接特点　本例转子槽中心线与换向片中心线重合，属 B 类转子结构。此绕组以跨距槽(即 1 号槽线圈跨入的第 6 槽)为基准借偏。这时，基准槽 6 的中心线正对的换向片编号为 4，则每槽元件 $n(=3)$ 片的中心线在片 2，即 1 号槽线圈向左借偏 2 片。接线时将 1 号槽元件首端接入换向片 1、2、3，其跨于槽 6 的尾端则分别对应接在 2、3、4 片，其余类推。电枢线圈用手绕，嵌绕方法参考图 6.1.6。

3. 主要应用　此电枢绕组应用于部分 ϕ71mm 冲片的电动工具电动机转子。

6.3.7　12×2 槽 B—1 类专用型(右借 0.5)电枢绕组

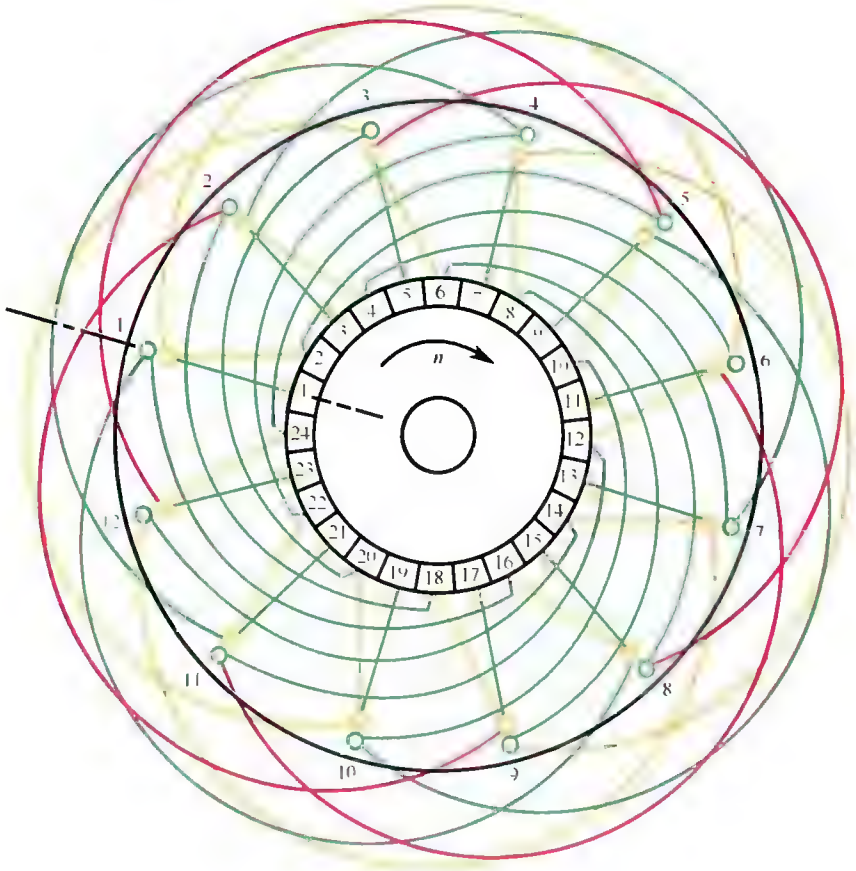


图　6.3.7

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=12$　每槽元件　$n=2$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1$　6

换向片数　$K=21$　换向节距　$y_k=1-2$

2. 结构及嵌接特点　本例转子为 B 类结构，即始槽中心线与换向片中心线重合。线圈以始槽为基准借偏，因本绕组每槽占有换向片数 $n=2$，其中心线在片 1 与 2 之间的云母片，故属始槽基准向右借偏半片接线。与 1 号槽中心线重合的换向片编为 1 号片，其余片号见图 6.3.7。1 号槽 2 元件接入 1、2 号换向片，其尾端从跨距槽 6 引出并对应分别接到 2、3 号换向片。其余接线类推。电枢线圈用 2 根导线并绕，嵌绕方法参考图 6.1.7

3. 主要应用　本绕组应用于 J1Z—10(24、36V)、J1Z　13(36V)手提电钻及 79－40Y 系列家用缝纫机用单相串励电动机转子

6.3.8　12×2 槽 B—1 类专用型(左借 0.5)电枢绕组

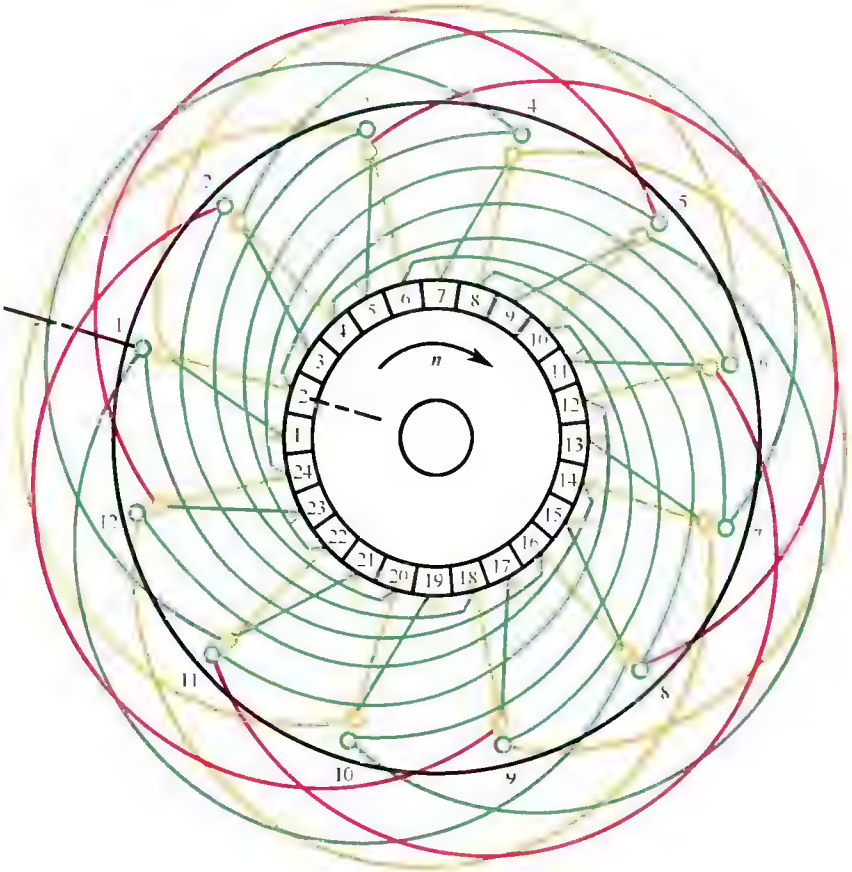


图　6.3.8

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=12$　每槽元件　$n=2$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1$

换向片数　$K=24$　换向节距　$y_k=1\quad 2$

2. 结构及嵌接特点　本绕组基准槽中心线与换向片中心线重合，属 B 类转子结构。线圈以始槽为基准借偏，而与基准线重合的换向片编号为 2，其余片号见图 6.3.8。1、2 槽之间的云母片是 n 片中心线，故本绕组是向左借偏半片接线，即槽 1 元件分别接到片 1、2 上，线圈跨至槽 6 后引出的元件尾端则分别对应接于换向片 2、3。其余接线类推。电枢线圈采用手绕，嵌绕方法参考图 6.1.7。

3. 主要应用　本例电枢应用在单相串励电动机、火车用顶扇、船用壁扇等交直流两用电扇电动机的转子绕组。

6.3.9　12×3 槽 A—1 类专用型电枢绕组

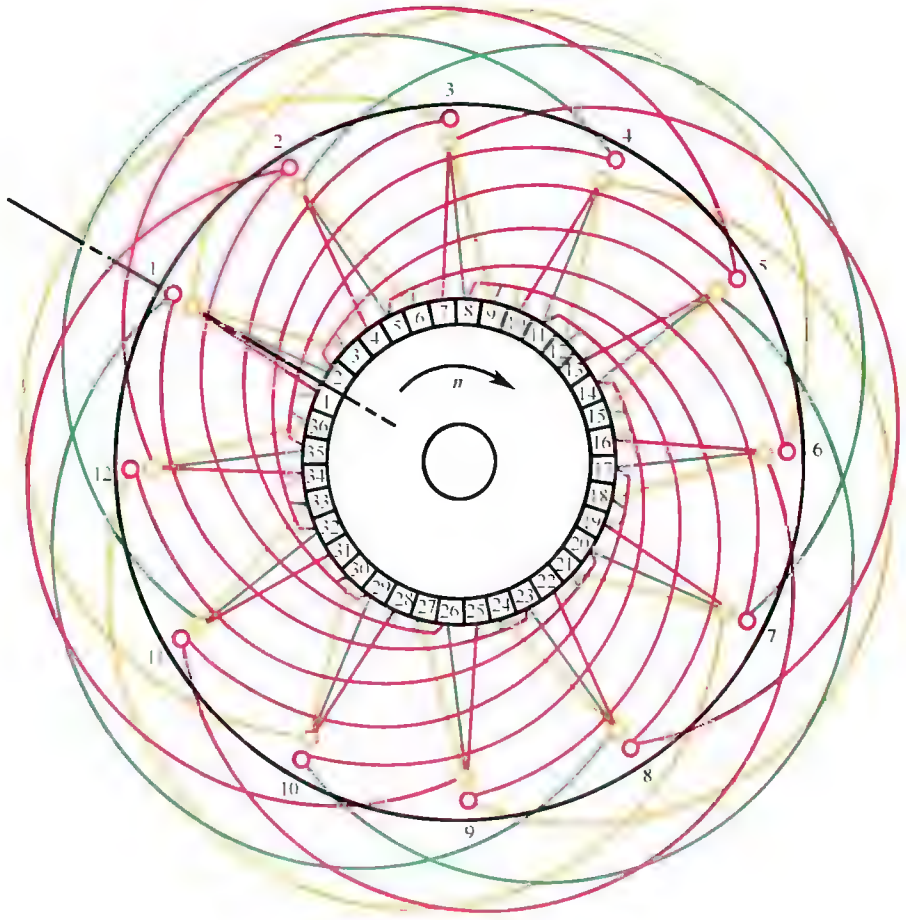


图　6.3.9

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=12$　每槽元件　$n=3$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1-6$

换向片数　$K=36$　换向节距　$y_k=1-2$

2. 结构及嵌接特点　本例转子 1 号(始)槽中心线与换向器云母片中心线重合，属 A 类结构。线圈接线是以始槽为基准借偏：转子每槽元件数 $n=3$，n 片中心线在 2 号换向片，而始槽中心线两侧换向片编号为 1、2，则线圈是向右偏移半片接线，即使 1 号元件偏左半片接入换向器。接线时将始槽 3 根元件线头分别接到换向片 1、2、3；其线圈跨至槽 6 后的 3 根尾线分别对应引接到换向片 2、3、4。其余类推。电枢线圈用手绕，嵌绕方法参考图 6.1.7

3. 主要应用　本例绕组主要实用于较大的手提电钻，如 J1Z　10(110V、220V)、J1Z－13(110V、220V、240V)等电动机转子。

6.3.10　15×2 槽 B—1 类专用型电枢绕组

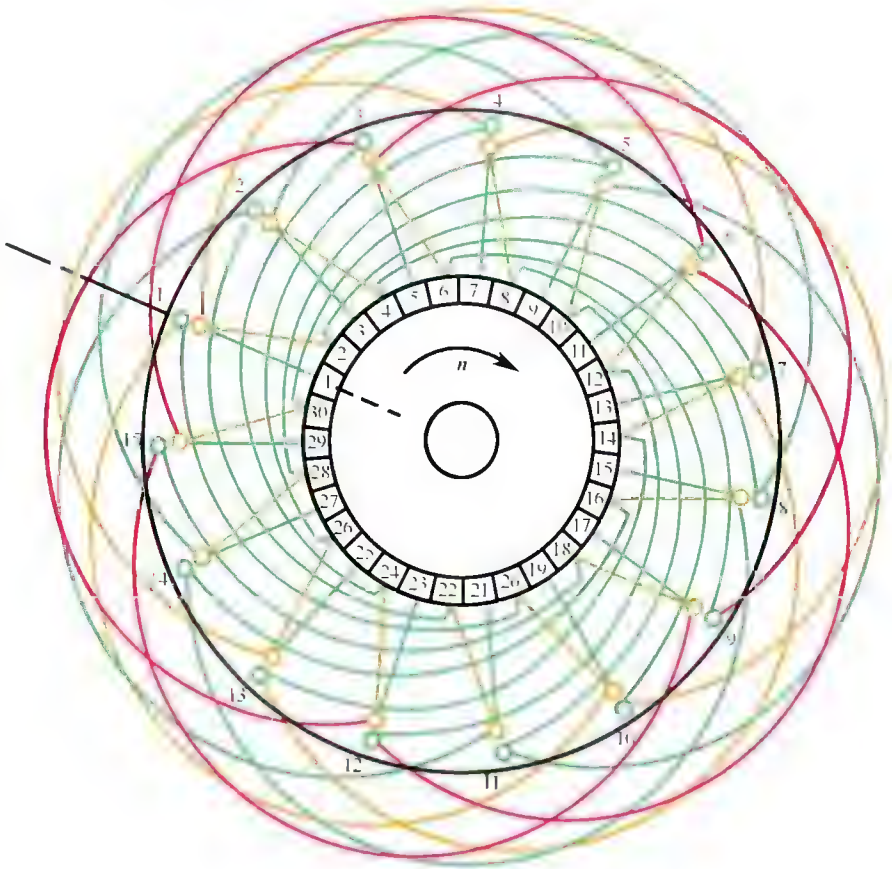


图　6.3.10

1. 绕组参数

转子槽数　Z　15　每槽元件　n—2

电机极数　$2p$—2　实槽节距　y—1　7

换向片数　K　30　换向节距　y_k—1　-2

2. 结构及嵌接特点　该转子是 B 类结构，槽中心线与换向片中心线重合，1 号片在槽中心线上，其余换向片编号如图 6.3.10 所示。线圈以始槽为基准偏偏，每槽片数 n—2，n 片中心在 1、2 片之间的云母片，故线圈是偏右半片接线，即 1 号元件正对始槽接入。接线时将始槽线圈 2 根线头分别接到换向器 1、2 号片，其尾线从跨距槽 7 引出，并分别对应接于换向片 2、3。其余线圈接线类推。电枢线圈用手绕，嵌绕方法参考图 6.1.9。

3. 主要应用　本例绕组应用于较大的手提电钻，应用实例有 J1Z—19(110V)

6.3.11　15×3 槽 A—1 类专用型电枢绕组

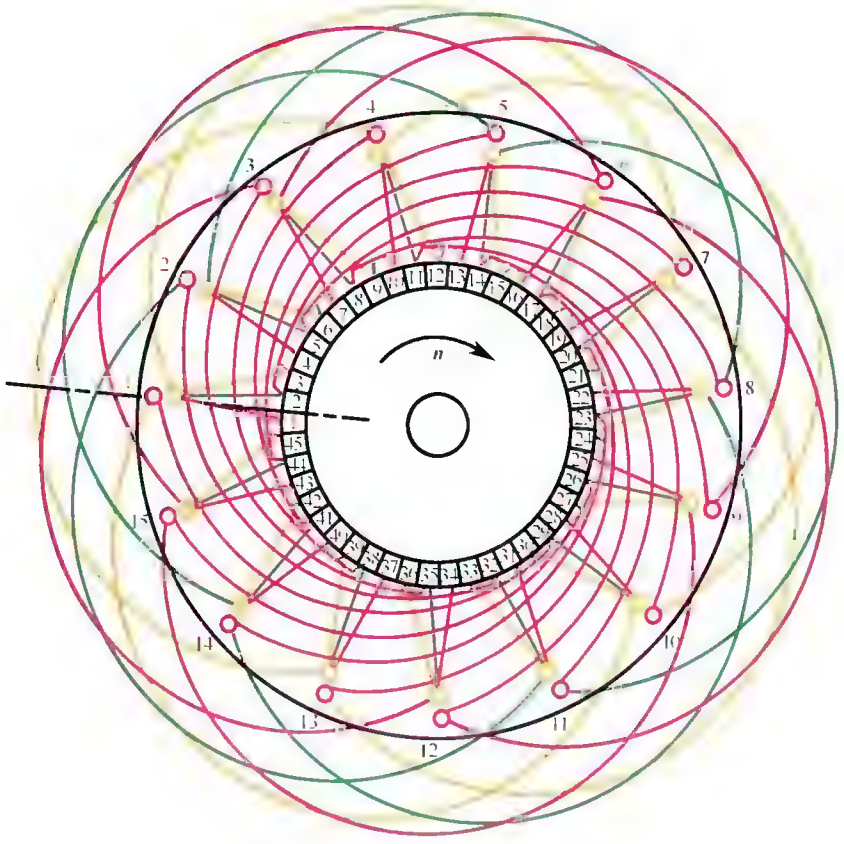


图　6.3.11

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=15$　每槽元件　$n=3$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1\sim7$

换向片数　$K=15$　换向节距　$y_k=1\sim2$

2. 结构及嵌接特点　绕组的槽中心线与换向器云母片中心线重合，属 A 类结构的转子。始槽中心线两侧换向片编为 1、2 号，其余编号如图 6.3.11 所示。因每槽元件数 $n=3$，n 片中心线在 2 号片，即线圈以始槽为基准向右借偏半片接入换向器。接线时槽 1 线圈头端 3 根引线分别接到 1、2、3 片，线圈跨入槽 7 后，将尾端 3 根引线分别对应接入换向片 2、3、4。其余接线类推。电枢线圈用手绕，嵌绕方法可参考图 6.1.9。

3. 主要应用　本例电枢绕组主要用于较大的手提电钻电动机，应用实例有 J1Z-19(220V)、J1Z-23(220V)等。

6.3.12　19×2 槽 B—1 类专用型电枢绕组

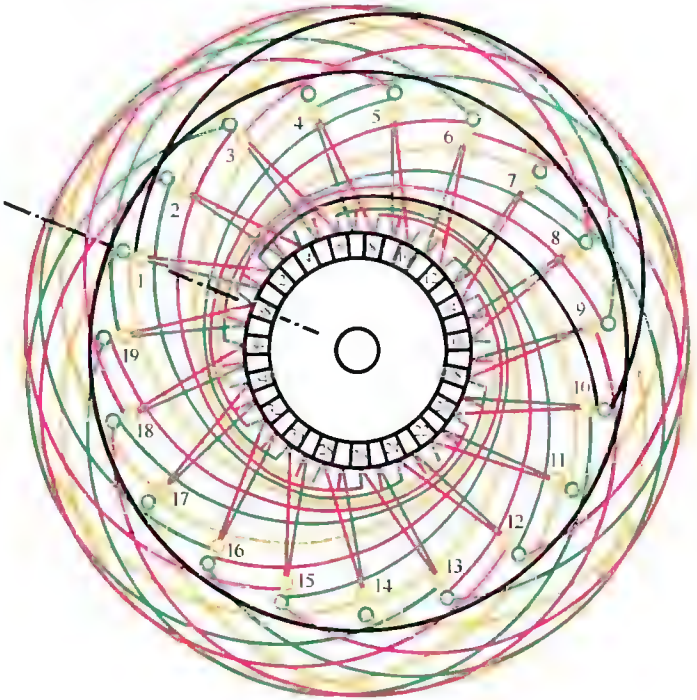


图　6.3.12

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=19$　每槽元件　$n=2$

电机极数　$2p=2$　实槽节距　$y=1-10$

换向片数　$K=38$　换向节距　$y_k=1-2$

2. 结构及嵌接特点　本例转子槽中心线与换向片中心线重合，属 B 类结构。始槽中心线落在 38 号换向片上，而 n 片中心线在换向片 1、2 之间的云母片上，即相距槽中心线 1 片半。也就是说本例线圈以始槽为基准向右借偏 1 片半。接线时将始槽线头分别接入换向片 1、2，线圈跨距至 10 槽后，两根尾线则引接到换向片 2、3。其余线圈接线类推如图 6.3.12 所示

由于此绕组用于容量较大的电动工具，而转子直径较大，容易产生重力不平衡而振动，故嵌线要求尽量均匀分布，所以宜用 V 形对绕法嵌绕。嵌线是 2 根并绕，嵌入次序可参考图 6.1.11b

3. 主要应用　本绕组主要应用于 ϕ90mm 冲片的电动工具，应用实例有 J1Z—23/32 双速电钻、S1S2—150 砂轮机、S1MJ2—180 角向磨光机等

第 7 章　直流电机电枢绕组

直流电机绕组包括定子绕组和转子(电枢)绕组。定子常制成结构简单的凸极后套入集中式励磁绕组；转子则是嵌绕在槽内的电枢绕组，其结构型式较多且复杂，有单叠绕组、复叠绕组、单波绕组(包括死波绕组)、复波绕组以及蛙式(混合)绕组等。就目前国产电机中，除复叠和复波绕组没有产品实例外，其余绕组型式均有应用。为了形象地表现电枢绕组的布线情况，本图例模拟端面形式，并采用彩色线条绘制

1. 图题说明　图例以极数为序列编排，并以虚、实槽数组合表示总元件。例如，4 极 25×3 槽单波绕组，其中 25 是转子实槽数($Z=25$)，3 是每槽占有的元件数($u=3$)，25×3 则是电枢绕组总元件数(即虚槽数 $Z=S=K=75$)。

2. 直流电枢为电机的转子部分，图中外圈代表铁心外缘，铁心外的弧线代表线圈的端部。

3. 图例以实槽为单位绘制，电枢为双层绕组，每槽嵌置上、下层由元件组合而成的线圈有效边；并根据绕组型式，采用不同彩色的外、内层小圆代表线圈的上、下层导体

4. 端面图是从换向器端(前端)模拟画出：每一实槽线圈由 u 个元件组成，并接入相应的换向片，线圈(后端)所跨为实槽节距

5. 例图使用须知　线圈引线接入换向器有对称、不对称或介乎两者之间的偏移引接型式。取什么型式，决定于电刷与换向极中心的相对位置。因此，线圈接入换向器的相对位置定下来之后，对某台电枢来说是不变的。例图是按偏移引接画出，并设第 1 槽的第 1 元件接入的换向片为 1 号；第 2 元件所接为 2 号，其余类推

重绕修理时，只要已知 1 号槽及 1 号槽的 u 个元件接入换向片的位置，就可按例图中各槽线圈与换向器的对应关系进行正确接线

6. 嵌线的一般规律　直流电枢散嵌绕组一般用半闭口槽，成型的硬绕组用开口槽或半开口槽转子。嵌线时从起始线圈(以该线圈上层边所在槽号代表)的下层边开始嵌入相应槽内，到最后一跨距时，需将最初嵌入线圈的上层边吊起，待跨距槽的下层边嵌入后方可将其嵌于该槽面层；但应把下层边的引线压入相应换向片(或升高片)槽口里。通常，至少吊边数为 Y 槽，第(Y+1)只线圈起可进行整嵌；但是，硬线圈的嵌线也有将全部下层边嵌完后，再嵌上层的

7. 为了更清晰、明了地看图，例图中心空白处画出该例的一个线圈跨距的简化接线示意图

7.1 直流电枢单叠绕组布线接线图

单叠绕组是直流电机应用最多的电枢绕组型式之一，绕组并联支路数 $a=p$；每只元件引线分别接到相邻两换向片上。

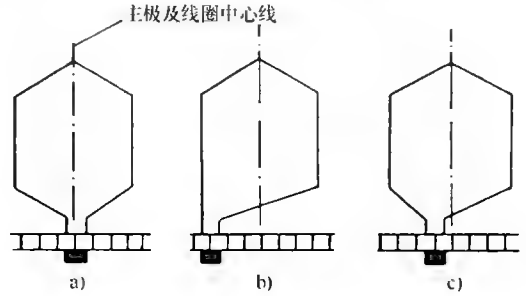


图 7.1 单叠绕组引接型式

a）对称引接 b）不对称引接 c）偏移引接

(1) 绕组主要参数

实槽节距 $y=Z/2p\pm\varepsilon$=整数(槽)

换向节距 $y_k=1$(片)

每槽元件 $u=K/Z$

(2) 本节单叠绕组上层边用绿色、下层边用红色绘制；线圈端部采用红、黄、绿色线条交替画出，使之看图清晰醒目，无它含义。

(3) 每槽有效边由 u 个元件组合，同一线圈内各元件以不同颜色标示，见下表：

表 7.1 线圈接入换向器元件色标

每槽元件数	每线圈元件编号					
	1	2	3	4	5	
	每线圈接入换向片的元件色别					
$u=2$	红	绿				
$u=3$	红	黄	绿			
$u=4$	红	黑	黄	绿		
$u=5$	红	黑	黄	黑	绿	

(4) 重绕修理拆除旧绕组前，必须做好标记，标出同一线圈上、下层边所在槽位及该线圈所有引接线接入换向片的位置，并以此为基准顺序编槽号及换向片号。

(5) 引接线头标记失落时，必须重新定位：

1) 确定引接型式 单叠绕组有图 7.1 三种引接型式。图 7.1a 是对称引接，电刷置于主极中心线上；为了获得对称引接，槽节距中心线应对准线圈(两边)引线接入一组($u-1$片)换向片的中心线；当 u=奇数时，此中心线与云母片重合；若 u=偶数，则中心线与换向片中心线重合，否则不能得到对称引接。图 7.1b 是不对称引接，电刷在相邻两主极间的中线上，当 u=奇数时，槽中心线必须与换向片中心线重合；若 u=偶数，则与云母片中心线重合。图 7.1c 是介乎两者之间的偏移引接，电刷中心线偏离上述中心线。

2) 对称引接换向片的确定 取定某槽为 1 号，根据 y 找出另一有效边槽位，在两槽之间找出中线并延长至换向器，若 u=偶数，中线与云母片中心线重合；当 u=奇数，则与换向片中心线重合，然后再偏移 1 号槽方向 $u/2$ 片，取定为 1 号换向片。

3) 不对称引接换向片的确定 按上法找出线圈中心线并延长到换向器，再向 1 号槽方向偏移 $C=u(y+1)/2$ 片，取定为 1 号换向片。

4) 偏移引接换向片的确定 先将转子槽编号，在 $1\sim(y-1)$ 两槽之间找出线圈中心轴线并延长到换向器，把转子装入定子，使线圈轴线与主极中心线重合，再找出与始槽方向电刷的中心线对准的换向片(或云母片)，然后把偏移始槽方向 $u/2$ 片的换向片定为 1 号换向片。

(6) 起始槽、片确定后，顺序编号，便可参照例图中各槽线圈元件与对应的换向片进行接线。

(7) 必须注意，无论采用何种方法找引接换向片位置都是不得已的补救措施，其效果之不理想可想而知，故重绕拆线一定要做原始标记。此外，重绕装配还要进行中性线检验、调整后方可试车。

7.1.1　2极 13×3 槽单叠绕组

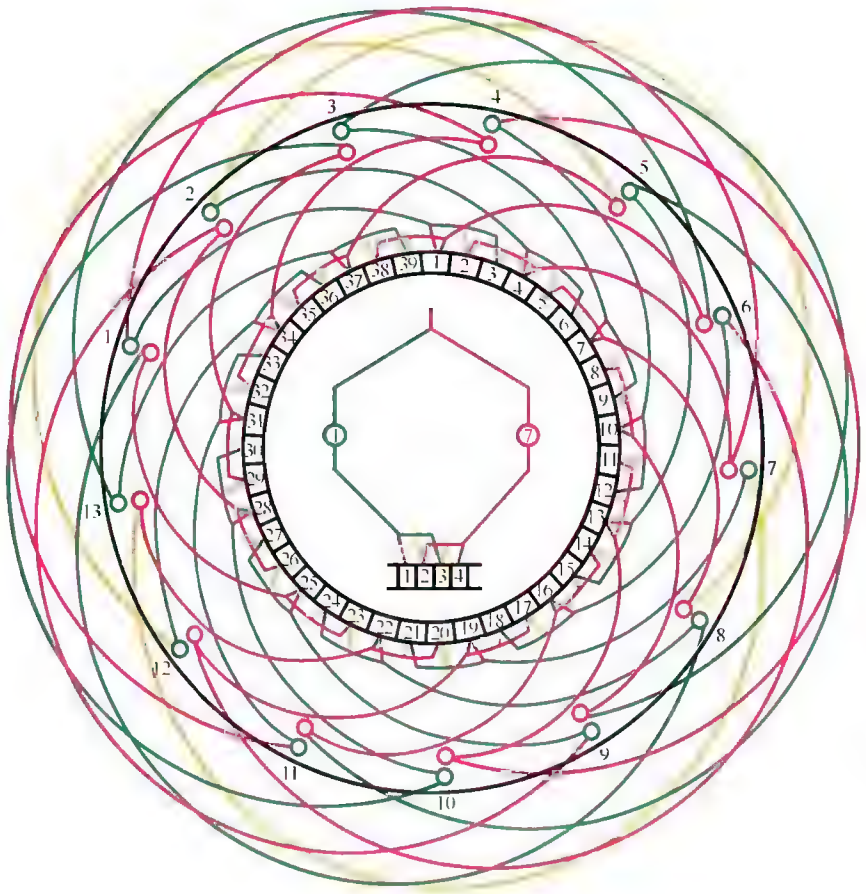


图　7.1.1

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=13$　　每槽元件　$u=3$

电机极数　$2p=2$　　实槽节距　$y=6$

换向片数　$K=39$　　换向节距　$y_K=1$

2. 嵌线方法　　绕组采用双层交叠法嵌线，吊边数为6。嵌线顺序见下表：

表 7.1.1　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7		8		9		10
	上层								1		2		3	
嵌绕次序		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
嵌入槽号	下层		11		12		13							
	上层	4		5		6		7	8	9	10	11	12	13

3. 接线要点与应用　　本例绕组采用偏移引接绘制电机极距 $\tau=6.5$ 槽，绕组槽节距 $y=6$，较极距缩短半槽，以利于节省线材，属短距绕组线圈。绕组每槽元件数为3，为了避免引接线交叉重叠，换向片采用右行连接，槽1上层边的3元件分别引接到换向片1、2、3；线圈跨入槽7的下层边3根引线则对应接到换向片2、3、4线槽。同理，第2只线圈嵌入槽2—8，其上层边引线沿顺序接入换向片4、5、6，其余类推。此绕组主要用于微小功率的电机电枢，应用实例有 ZYS-1A、ZYS-3A、ZYS-100A 等直流测速发电机

7.1.2　2极14×3槽单叠绕组

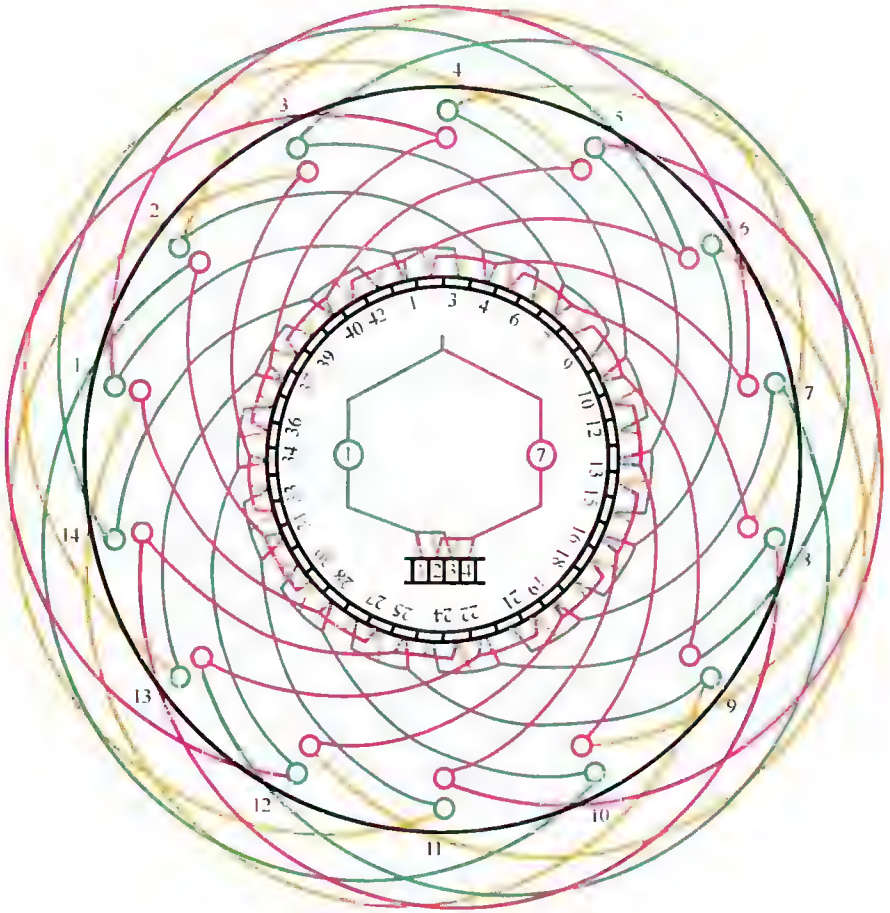


图　7.1.2

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=14$　　每槽元件　$u=3$

电机极数　$2p=2$　　实槽节距　$y=6$

换向片数　$K=42$　　换向节距　$y_K=1$

2. 嵌线方法　　本例采用交叠嵌线，吊边数为6，嵌线顺序见下表：

表 7.1.2　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7				9			
	上层								1		2		3		4
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
嵌入槽号	下层	11		12		13		14							
	上层		5		6		7		8	9	10	11	12	13	14

3. 接线要点与应用　　绕组的线圈1—7中线在槽1，引线接入一组换向片数为4，因 $u=$ 奇数，片2、3之间云母片与槽4中心线重合，故本例以对称引接绘制。电机极距 $\tau=7$，线圈则用短节距 $y=6$，比极距缩短1槽，在一般电机中不常见，属特殊案例，仅用于耐受冲击振动的高起动转矩直流电动机。绕组的接线要点同上例，主要应用实例有ZZD—0.4等直流电机。

7.1.3　2极 14×4 槽单叠绕组

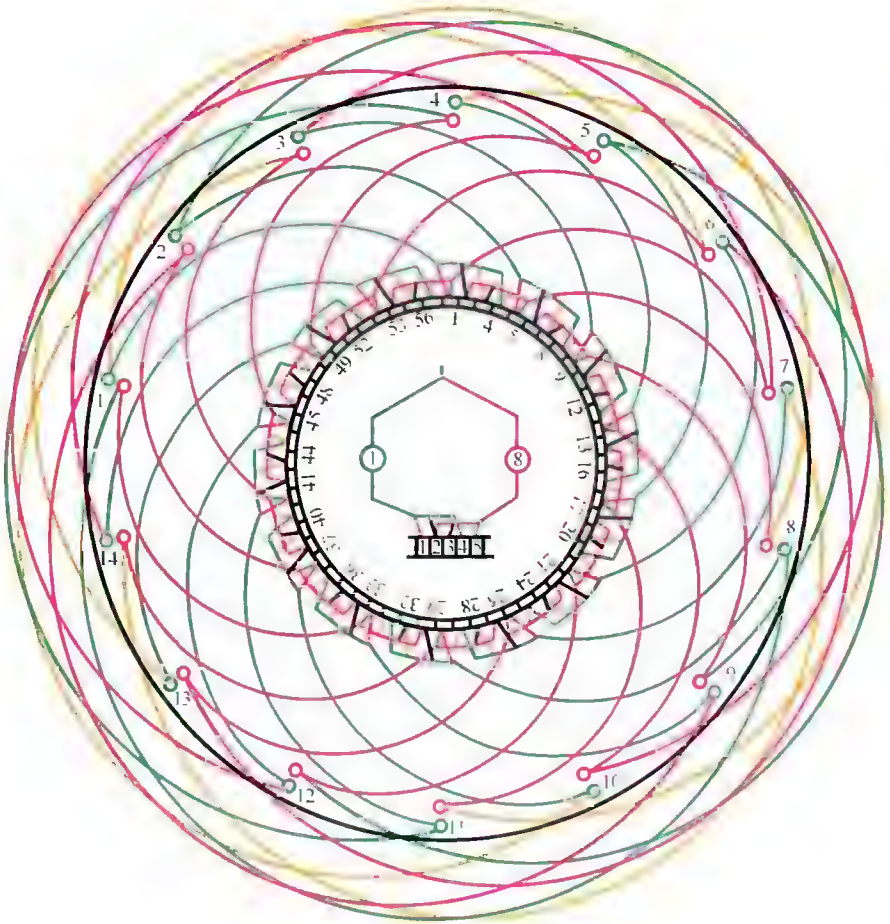


图　7.1.3

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=14$　　每槽元件　$u=4$

电机极数　$2p=2$　　实槽节距　$y=7$

换向片数　$K=56$　　换向节距　$y_k=1$

2. 嵌线方法　　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为7。嵌线顺序见下表：

表 7.1.3　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8		9		10		11
	上层									1		2		3	

嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
嵌入槽号	下层		12		13		11								
	上层	4		5		6		7	8	9	10	11	12	13	14

3. 接线要点与应用　　本例绕组一只线圈引接一组换向片为5片(见图中心所示)，其中心线在换向片3，而线圈1－8中心线与换向片3中心重合，故属对称引接形式。绕组极距 $\tau=7$，故系整距绕组。槽1上层边1元件分别接入换向片1、2、3、4；下层边跨入槽8后对应引接到换向片2、3、4、5。同理可顺序引接其它线圈的元件。此绕组实际应用较广，如Z2－11、Z2－12、Z3－11、Z3－12一般用途电动机；Z2－02 M1)磨床用直流电动机；ZZD－5、ZZD－10高起动转矩直流电动机等

7.1.4　2极15×2槽单叠绕组

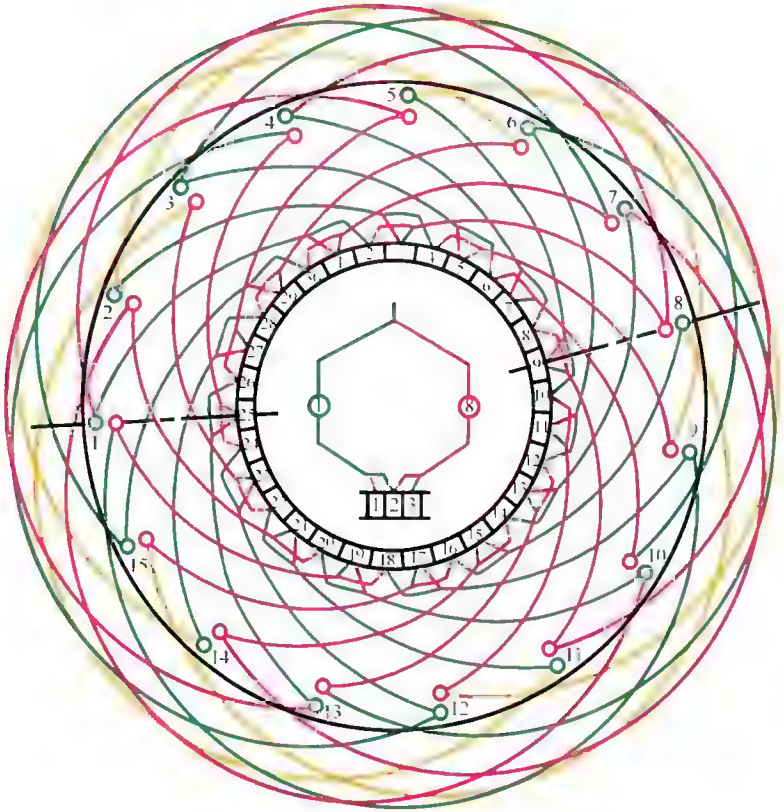


图　7.1.4

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=15$　　每槽元件　$u=2$

电机极数　$2p=2$　　实槽节距　$y=7$

换向片数　$K=30$　　换向节距　$y_K=1$

2. 嵌线方法　　采用交叠法嵌线，吊边数为7　嵌线顺序见下表：

表 7.1.4　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8		9		10		11	
	上层									1		2		3		4

嵌绕次序		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
嵌入槽号	下层	12		13		14		15								
	上层		5		6		7		8	9	10	11	12	13	14	15

3. 接线要点与应用　　本例是采用对称引接绘制。线圈1－8所在槽中心线分别与换向片25、9号中心线重合(见图7.1.1)即线圈中心线与一组引接换向片2的中心线重合，线圈2有效边分别对应接入换向片1、2和2、3，其余类推。此绕组为低电压专用电机采用，应用实例有ZF28－130B、ZF－29B、ZF－29C、ZF33B－130B等老系列和F－29B、F－29C、F28－130B、F33B—130B等新系列的汽车、拖拉机用直流发电机

7.1.5　2极18×4槽单叠绕组

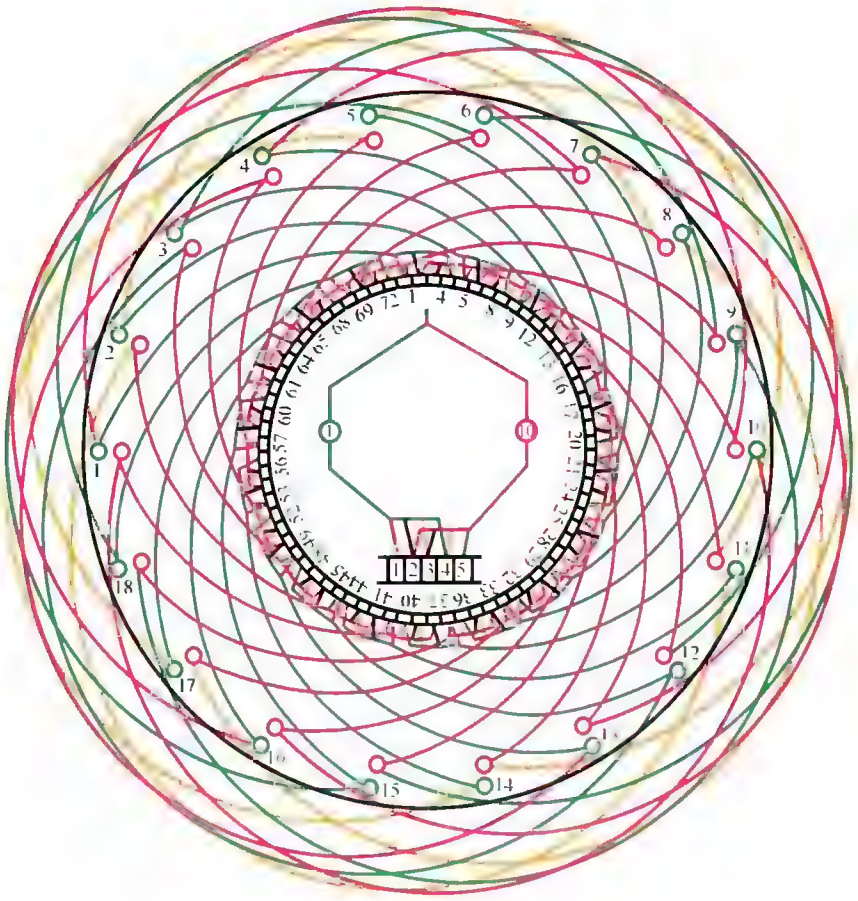


图　7.1.5

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=18$　　每槽元件　$u=4$

电机极数　$2p=2$　　实槽节距　$y=9$

换向片数　$K=72$　　换向节距　$y_K=1$

2. 嵌线方法　　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为9，嵌线顺序见下表：

表 7.1.5　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11		12		13		14
	上层											1		2		3		4	

嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	下层		15		16		17		18										
	上层	5		6		7		8		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

3. 接线要点与应用　　本例采用偏移引接绘制。绕组槽节距等于极距，属整距绕组。每槽元件数为4，为避免引接线在换向器端交叉重叠，绕组元件采用右行连接：线圈1—10上层边的4元件分别接入换向片1、2、3、4；槽10下层边则分别将各元件对应接入2、3、4、5片。其余线圈接线类推。此绕组主要用于一般用途系列直流电动机，应用实例有Z2—21、Z2—22、Z2—31、Z2—32、Z3—21、Z3—22、Z3—31、Z3—32、Z3—33等直流电动机。

7.1.6　2极20×2槽单叠绕组

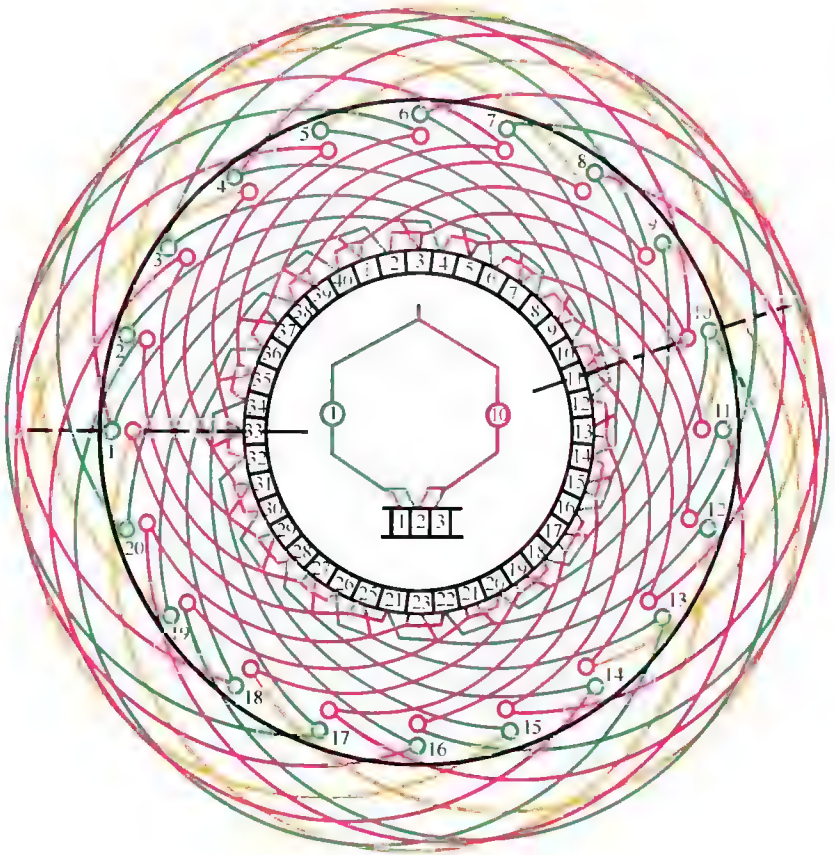


图　7.1.6

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=20$　　每槽元件　$u=2$

电机极数　$2p=2$　　实槽节距　$y=9$

换向片数　$K=40$　　换向节距　$y_k=1$

2. 嵌线方法　　采用交叠嵌线法，吊边数为9。嵌线顺序见下表：

表 7.1.6　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11		12		13		14		15
	上层											1		2		3		4		5	
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
嵌入槽号	下层		16		17		18		19		20										
	上层	6		7		8		9		10		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

3. 接线要点与应用　　本例属对称引接绕组，槽1、10线圈中心线分别与换向片33和11的中心线重合。线圈有两元件并联，采用右行绕组布线，从而避免引线在换向器端的交叉重叠；1号槽上层边2元件接到换向片1、2，线圈跨于槽10下层引出线则分别对应接到换向片2、3。其余线圈接线依此类推。此绕组系低电压专用电机绕组。主要应用实例有ZF-30、ZF-31、F46-130、F30、F46-130等汽车及拖拉机用直流发电机等。

7.1.7　2极24×4槽单叠绕组

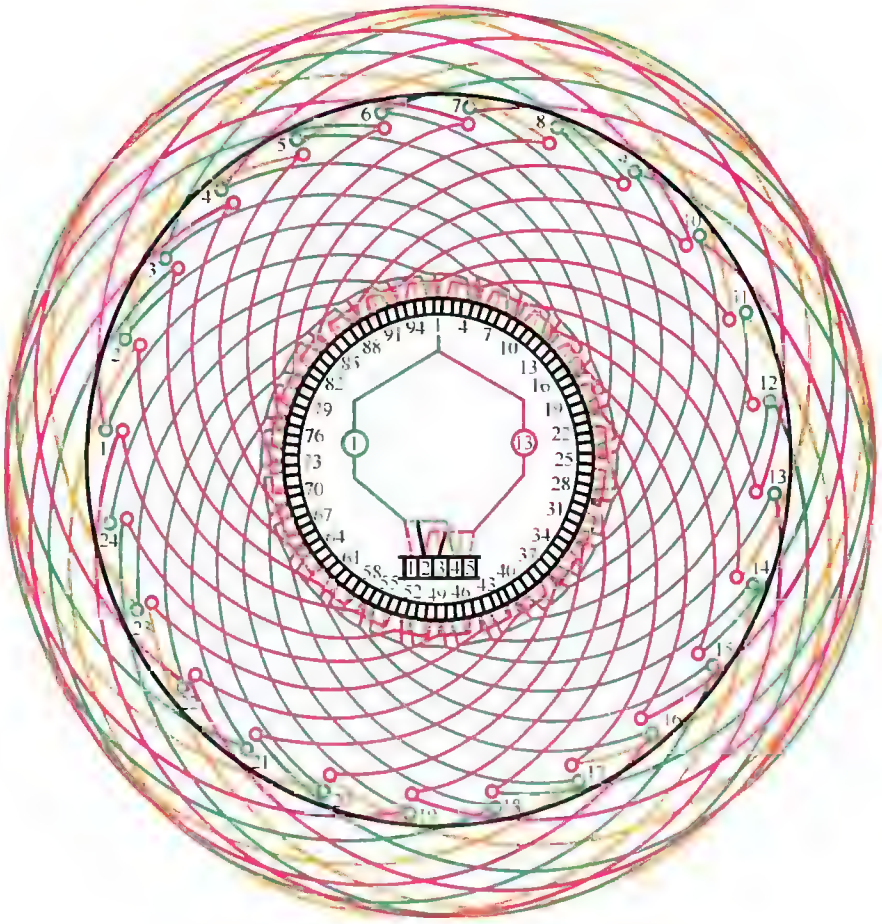


图　7.1.7

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=24$　　每槽元件　$u=4$

电机极数　$2p=2$　　实槽节距　$y=12$

换向片数　$K=96$　　换向节距　$y_k=1$

2. 嵌线方法　本例用交叠法嵌线。吊边数为12。嵌线顺序见下表：

表 7.1.7　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		11		15	
	上层														1		2		3
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	下层	16		17		18		19		20		21		22		23		24	
	上层		4		5		6		7		8		9		10		11		12
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	下层																		
	上层	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24						

3. 接线要点与应用　本例采用偏移引接绘制。线圈节距等于绕组极距，是整距绕组。每槽元件数 $u=4$，即线圈 1—13 的上层边 4 根引接线分别接到换向片 1、2、3、4；下层边则分别对应接入换向片 2、3、4、5。如图 7.1.7 中心简化接线所示。其余线圈也依此原理进行接线。至最后一只线圈的最后一元件则接入换向片 1，使之形成闭合回路。此绕组应用实例有 Z2－31、Z2－32 等一般用途直流电动机，也用于 ZQD－1.9 等电车用直流电动机

7.1.8　4极31×3槽单叠绕组

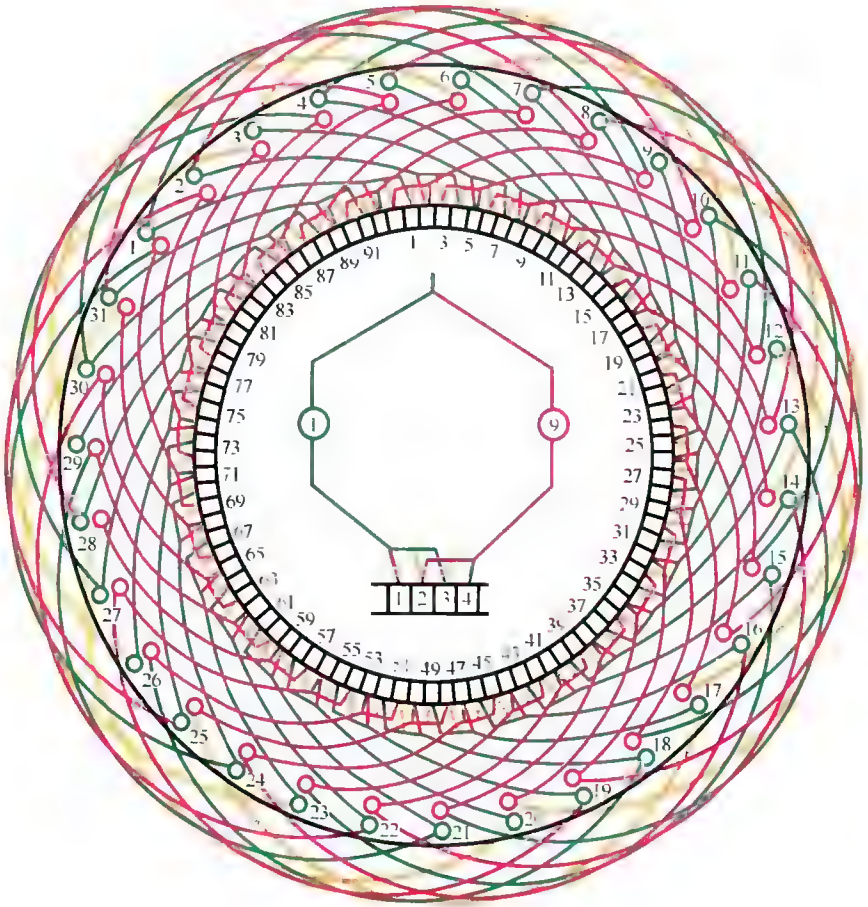


图　7.1.8

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=31$　　每槽元件　$u=3$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=8$

换向片数　$K=93$　　换向节距　$y_k=1$

2. 嵌线方法　　本例嵌线采用交叠法，吊边数为8，嵌线顺序见下表：

表 7.1.8　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10		11		12	
	上层										1		2		3		4
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		31	32
嵌入槽号	下层	13		14		15		16		17		18		1		2	
	上层		5		6		7		8		9		10		11		12
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层	21		22		23		24		25		26		27		28	
	上层		13		14		15		16		17		18		19		20
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62		
嵌入槽号	下层	29		30		31											
	上层		21		22		23	24	25	26	27	28	29	30	31		

3. 接线要点与应用　　本例为长距绕组，采用右行接线，线圈1、9上层边元件分别接入换向片1、2、3；下层边元件则对应接到换向片2、3、4，其余类推。主要应用实例有Z2—102等直流电动机

7.1.9　4极 32×3 槽单叠绕组

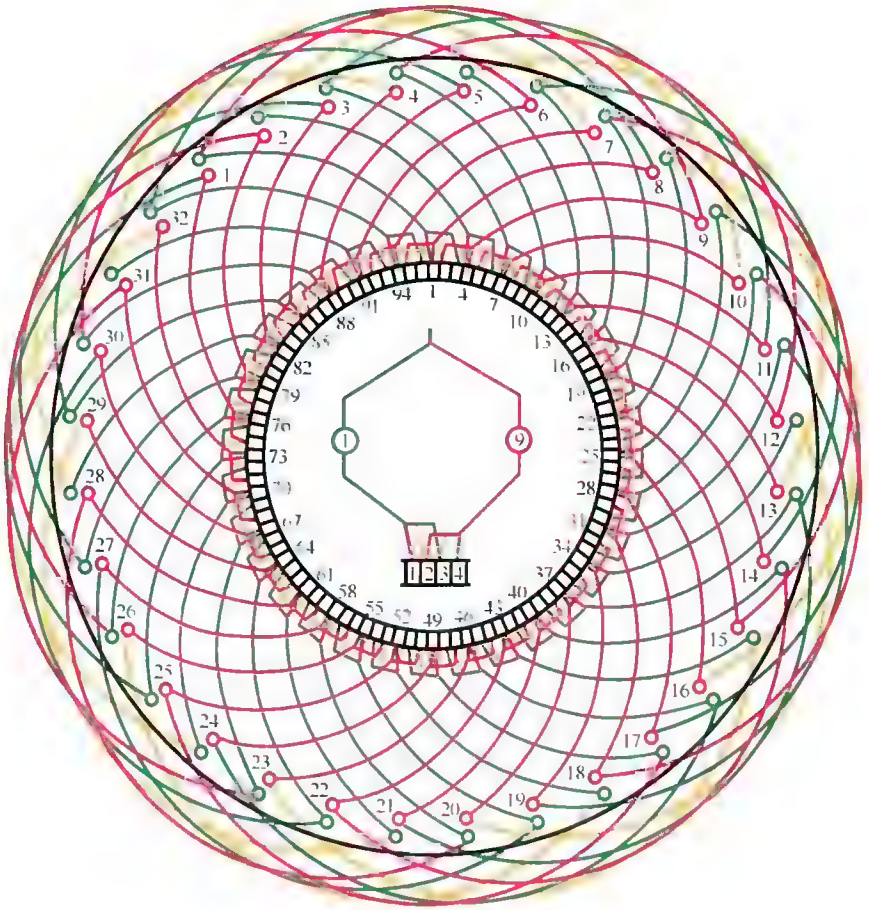


图　7.1.9

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=32$　　每槽元件　$u=3$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=8$

换向片数　$K=96$　　换向节距　$y_k=1$

2. 嵌线方法　　采用交叠法嵌线，吊边数为8，嵌线顺序见下表：

表 7.1.9　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10		11		12	
	上层										1		2		3		4
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
嵌入槽号	下层	13		14		15		16		17		18		19		20	
	上层		5		6		7		8		9		10		11		12
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层	21		22		23		24		25		26		27		28	
	上层		13		14		15		16		17		18		19		20
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
嵌入槽号	下层	29		30		31		32									
	上层		21		22		23		24	25	26	27	28	29	30	31	32

3. 接线要点与应用　　本例为右行接线整距绕组，每个线圈由3个元件构成，接线情况参考图6.1.9中心图。主要应用实例有ZXQ　　18、ZXQ　　48等蓄电池供电式直流电动机

7.1.10　4极34×3槽单叠绕组

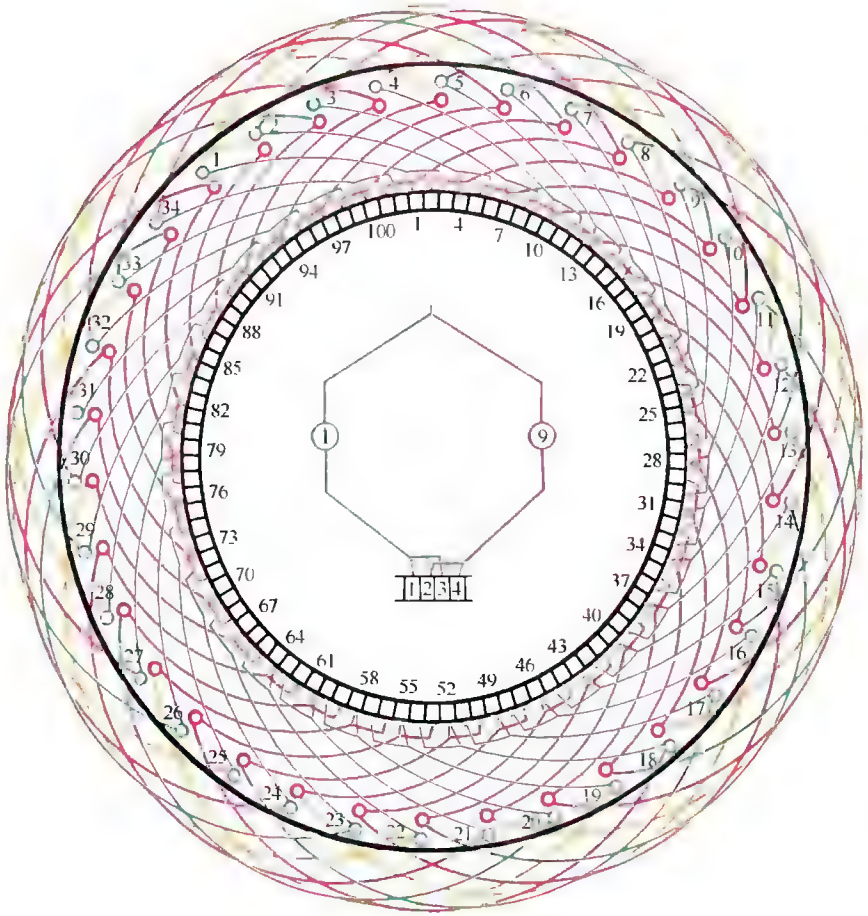


图　7.1.10

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=34$　　每槽元件　$u=3$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=8$

换向片数　$K=102$　　换向节距　$y_k=1$

2. 嵌线方法　　绕组采用交叠法，嵌线吊边数为8，嵌线顺序见下表：

表 7.1.10　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10		11		12		13
	上层										1		2		3		1	
嵌绕次序		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
嵌入槽号	下层		14		15		16		17		18		19		20		21	
	上层	5		6		7		8		9		10		11		12		13
嵌绕次序		35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
嵌入槽号	下层	22		23		24		25		26		27		28		29		30
	上层		14		15		16		17		18		19		20		21	
嵌绕次序		52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
嵌入槽号	下层		31		32		33		34									
	上层	22		23		21		25		26	27	28	29	30	31	32	33	34

3. 接线要点与应用　　本例为右行接线短距绕组，线圈接线见图中心的简化图。主要应用实例有Z2　102直流电动机。

7.1.11　4极36×3槽单叠绕组

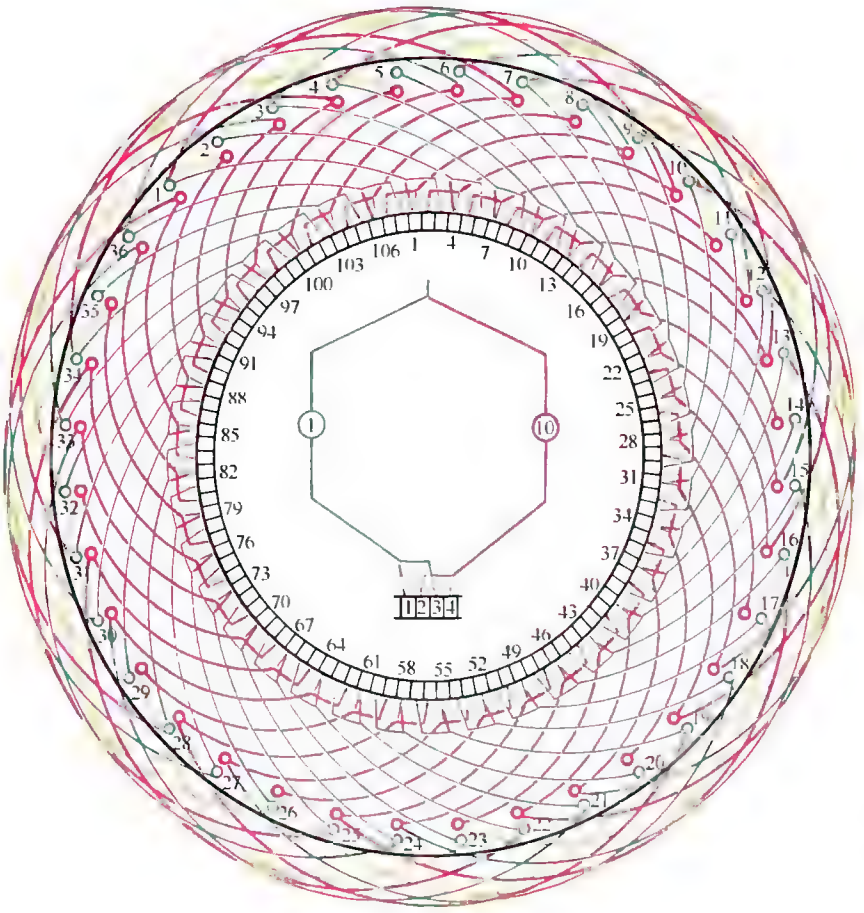


图　7.1.11

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=36$　　每槽元件　$u=3$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=9$

换向片数　$K=108$　　换向节距　$y_k=1$

2. 嵌线方法　　绕组采用交叠嵌线，吊边数为9。嵌线顺序见下表：

表 7.1.11　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11		12		13		14
	上层											1		2		3		4	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	下层		15		16		17		18		19		20		21		22		23
	上层	5		6		7		8		9		10		11		12		13	
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	下层		24		25		26		27		28		29		30		31		32
	上层	14		15		16		17		18		19		20		21		22	
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
嵌入槽号	下层		33		34		35		36										
	上层	23		24		25		26		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36

3. 接线要点与应用　　本例是整距绕组，采用右行接线。接线情况见图7.1.11中心简化图。主要应用实例有Z2-71直流电动机及ZXQ-45、48蓄电池供电式直流电动机

7.1.12　4极42×2槽单叠绕组

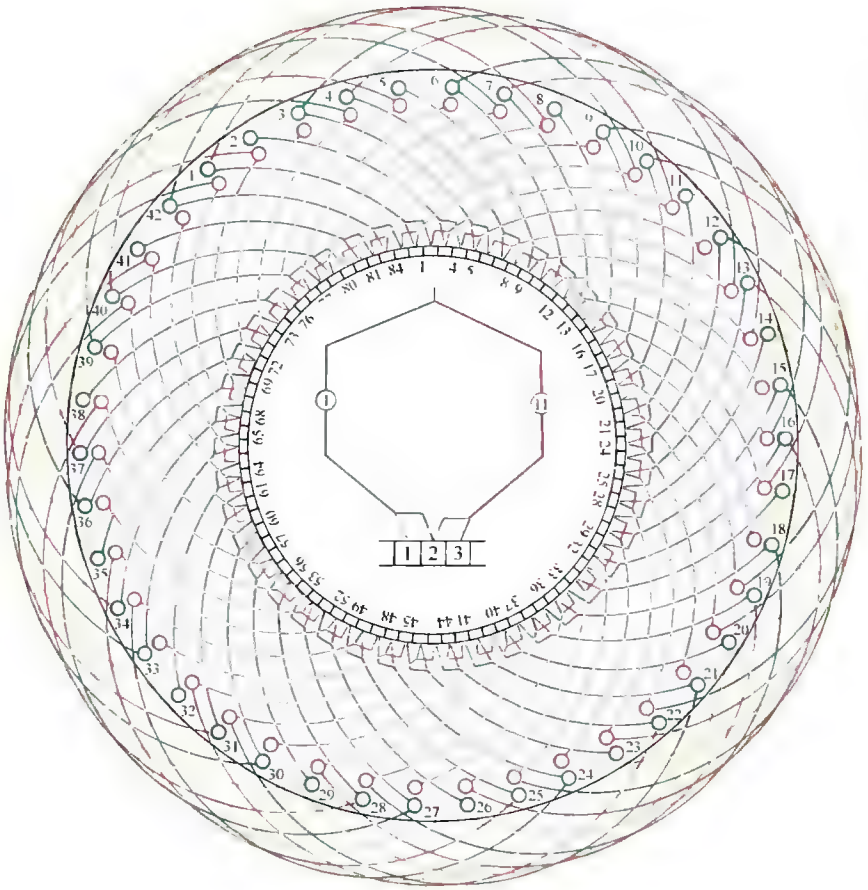


图　7.1.12

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=42$　　每槽元件　$u=2$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=10$

换向片数　$K=84$　　换向节距　$y_k=1$

2. 嵌线方法　　本例采用交叠法嵌线，吊边数为10嵌线顺序见下表：

表 7.1.12　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12		13		14		15		16
	上层												1		2		3		4		5	
嵌绕次序		22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
嵌入槽号	下层		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26	
	上层	6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16
嵌绕次序		43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
嵌入槽号	下层	27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37
	上层		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26	
嵌绕次序		64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
嵌入槽号	下层		38		39		40		41		42											
	上层	27		28		29		30		31		32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42

3. 接线要点与应用　　本例为右行接线的短距绕组接线情况见图7.1.12中心的简化接线图。主要应用实例有Z2-112直流电动机等。

7.1.13　4极 50×2 槽单叠绕组**

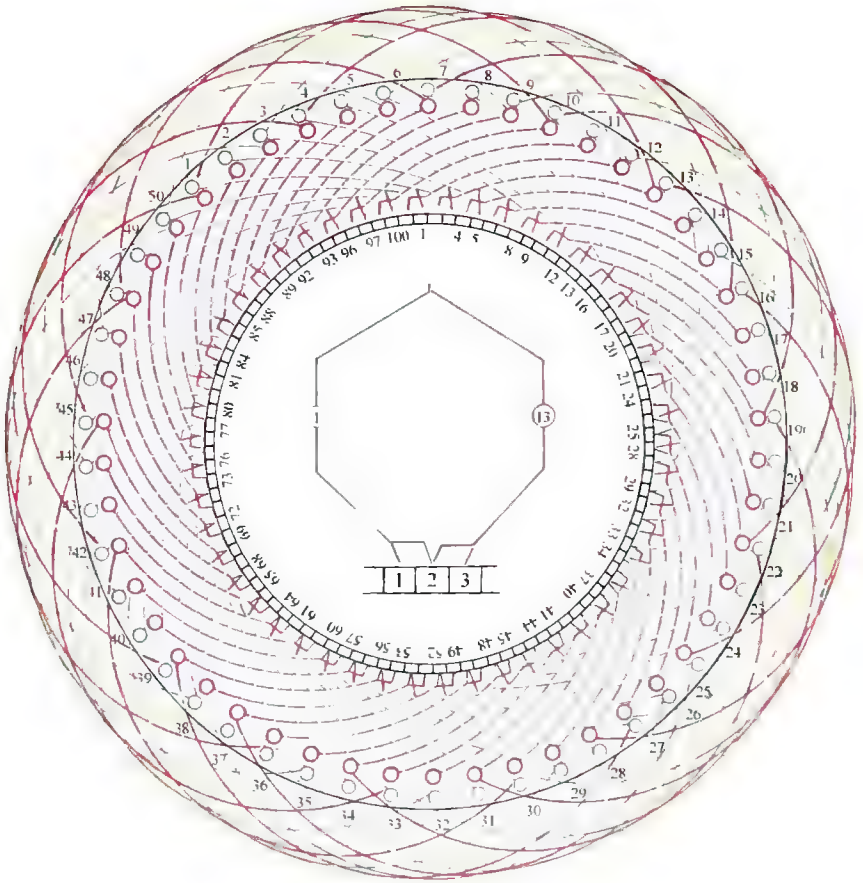


图　7.1.13

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=50$　　每槽元件　$u=2$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=12$

换向片数　$K=100$　　换向节距　$y_k=1$

2. 嵌线方法　　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为12。嵌线顺序见下表：

表 7.1.13　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14		15	
	上层														1		2		3
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	下层	16		17		18		19		20		21		22		23		24	
	上层		4		5		6		7		8		9		10		11		12
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	…			75	76	77	78	79	80	81	82
嵌入槽号	下层	25		26		27		28	…			14		45		46		47	
	上层		13		14		15		…				32		33		34		35
嵌绕次序		83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
嵌入槽号	下层	48		49		50													
	上层		36		37		38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

3. 接线要点与应用　　本例是短距绕组右行接线，接线原理见图中心的简化接线图。主要应用实例有 Z2　111、Z2　112 直流电动机及 AX1　-500 直流弧焊发电机等。

7.2 直流电枢单波绕组布线接线图

单波绕组总元件数 $S=K=$奇数；并联支路数与极数无关，即 $a=1$；线圈的换向片节距 y_K 绕行一周后必定与起始片相邻，最后的绕行终点与始片相接而形成闭路。因此，毋需另设均压线，从而简化了绕组结构，是直流电枢应用最多的绕组形式

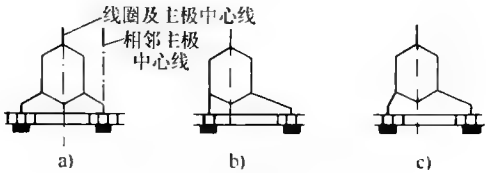


图 7.2 单波绕组引接型式

a）对称引接 b）不对称引接 c）偏移引接

1. 主要绕组参数

换向片节距 $y_K=(K-1)/p=$整数(片)

其余参数计算与单叠绕组相同

2. 例图中单波绕组上层边为绿色，下层边为黄色。但 $u=1$ 时，为便于读图，绘图时同一元件采用与层次同色别外，其余线圈的同一元件均以同色表示，如下表：

每槽元件数	每线圈元件编号				
	1	2	3	4	5
	每线圈接入换向片的元件色别				
$u=2$	绿	黄			
$u=3$	绿	红	黄		
$u=4$	绿	黑	红	黄	
$u=5$	绿	黑	红	黑	黄

3. 重绕修理必须做好引接线标记，如标记失落或不清，必须重新确定引接位置。

(1) 对称引接换向片的确定　对称引接形式的电刷在相邻主极中心线上，如图 7.1a 所示。参照单叠绕组的确定方法找出线圈跨距两槽轴线，并延长到换向器，然后向始槽方向数出$(y_K+u)/2$片定为起始 1 号换向片。

(2) 不对称引接的起始换向片确定同单叠绕组。

(3) 偏移引接起始换向片确定可参照单叠绕组方法。

4. 起始槽、片确定后顺序编号，即可参照例图的槽号及对应的换向片号进行接线。

5. 重绕修理装配后，检测中性线偏移时，可旋移电刷架进行调整

7.2.1　4极23×1槽单波绕组

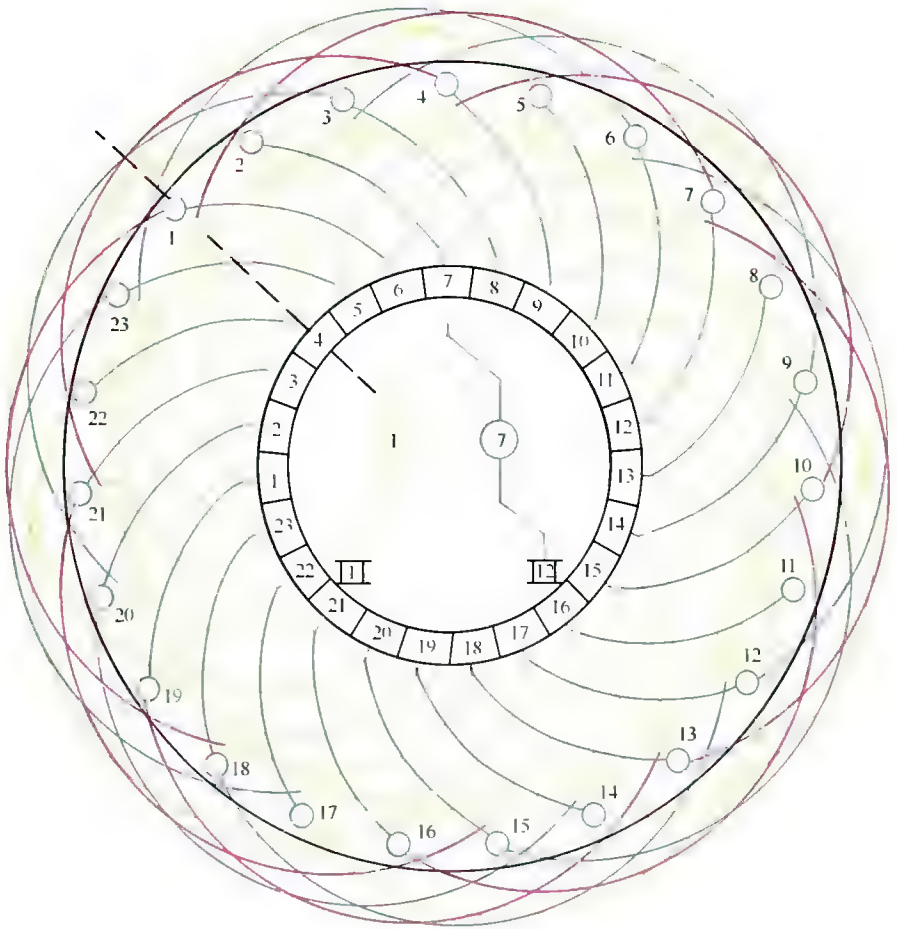


图　7.2.1

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=23$　　每槽元件　$u=1$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=6$

换向片数　$K=23$　　换向节距　$y_K=-11$

2. 嵌线方法　　转子绕组采用交叠法嵌线，吊边数为6。嵌线顺序见下表：

表 7.2.1　交叠法(前进式)

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下层	7	6	5	4	3	2	1		23		22		21		20		19	
	上层								7		6		5		4		3		2
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	下层	18		17		16		15		14		13		12		11		10	
	上层		1		23		22		21		20		19		18		17		16
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	下层	9		8															
	上层		15		14	13	12	11	10	9	8								

3. 接线要点与应用　　本例是4极单波绕组每线圈只有一元件，故虚槽数与实槽数相等，即 $Z_{虚}=Z=23$。线圈左侧为下层边，元件引线用黄色绘制；右侧是上层边，元件引线用绿色绘制。绕组第1槽中心线与4号换向片中心线重合，其接线属不对称引接。槽1-7线圈两元件分接于换向片1和12，其余线圈接线类推。此绕组主要应用实例有F-27、F-35等汽车、拖拉机用直流发电机

7.2.2　4极25×3槽单波绕组

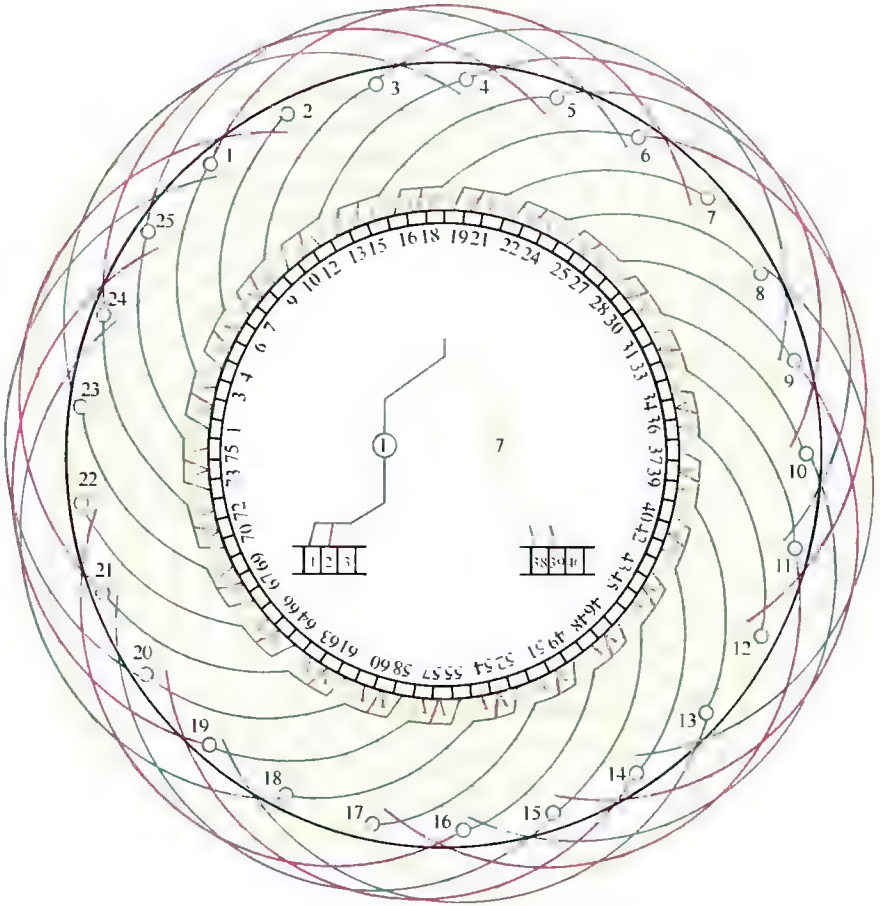


图　7.2.2

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=25$　　每槽元件　$u=3$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=6$

换向片数　$K=75$　　换向节距　$y_k=-37$

2. 嵌线方法　　绕组采用交叠嵌线法，吊边数为6。嵌线顺序见下表：

表 7.2.2　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7		8		9		10		11		12	
	上层								1		2		3		4		5		6
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	下层	13		14		15		16		17		18		19		20		21	
	上层		7		8		9		10		11		12		13		14		15
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	下层	22		23		24		25											
	上层		16		17		18		19	20	21	22	23	24	25				

3. 接线要点与应用　　本例为单波绕组，例图采用偏移引接绘制。线圈节距小于极距，故属短距绕组。每线圈由3元件组成，槽1-7线圈左侧为上层边，其元件分别引接到换向片1、2、3；右侧是下层边，元件分别对应接入换向片38、39、40。其余接线类推。此绕组应用较多，主要实例有Z2-61、Z3-41直流电动机，ZXQ-13.5 30、ZXQ-12 48、ZXQ-8/24等蓄电池供电式直流电动机及T82-4的发电机配用励磁机等

7.2.3　4极25×5槽单波绕组

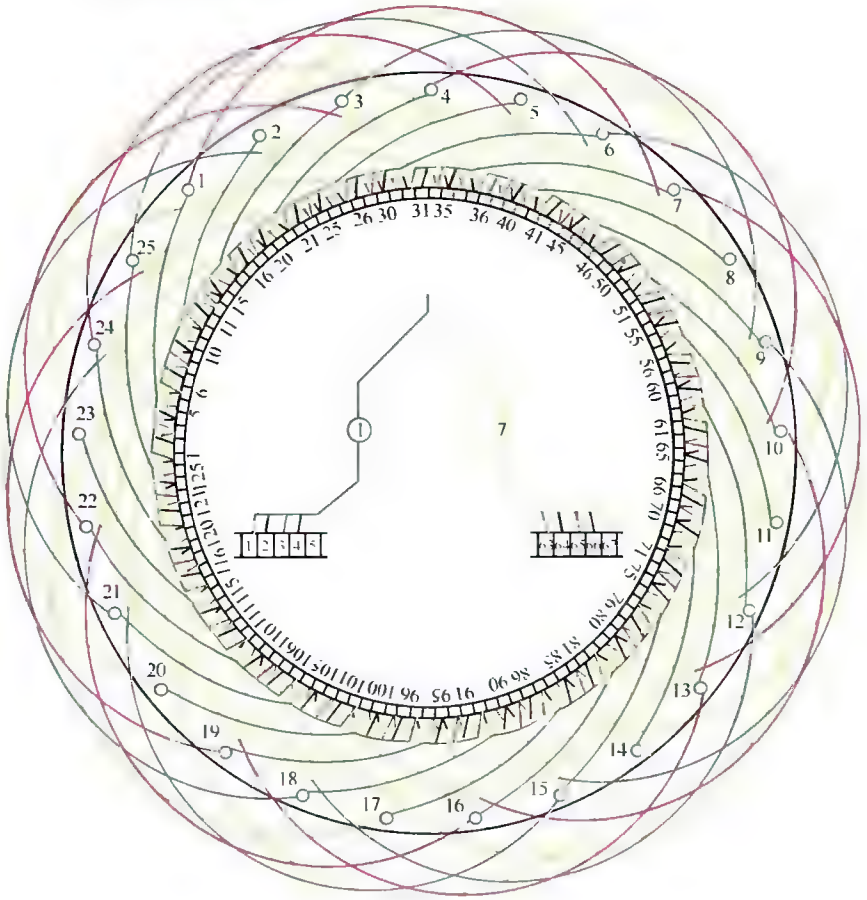


图　7.2.3

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=25$　　每槽元件　$u=5$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=6$

换向片数　$K=125$　　换向节距　$y_k=62$

2. 嵌线方法　　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为6，嵌线顺序见下表：

表 7.2.3　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7		8		9		10		11		12		13		14		15		16
	上层								1		2		3		4		5		6		7		8		9	

嵌绕次序		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
嵌入槽号	下层		17		18		19		20		21		22		23		24		25							
	上层	10		11		12		13		14		15		16		17		18		19	20	21	22	23	24	25

3. 接线要点与应用　　本例为短距单波绕组。例图采用偏移引接绘制。线圈由5个元件组成，左侧为上层边，元件引接于换向片1、2、3、4、5；右侧是下层边，并分别对应接入换向片63、64、65、66、67。其余线圈接线依此类推。此绕组主要应用实例有Z2－71、Z2－72一般用途直流电动机及YD－01牵引机车辅机用直流电动机等

7.2.4　4极 27×1 槽单波绕组**

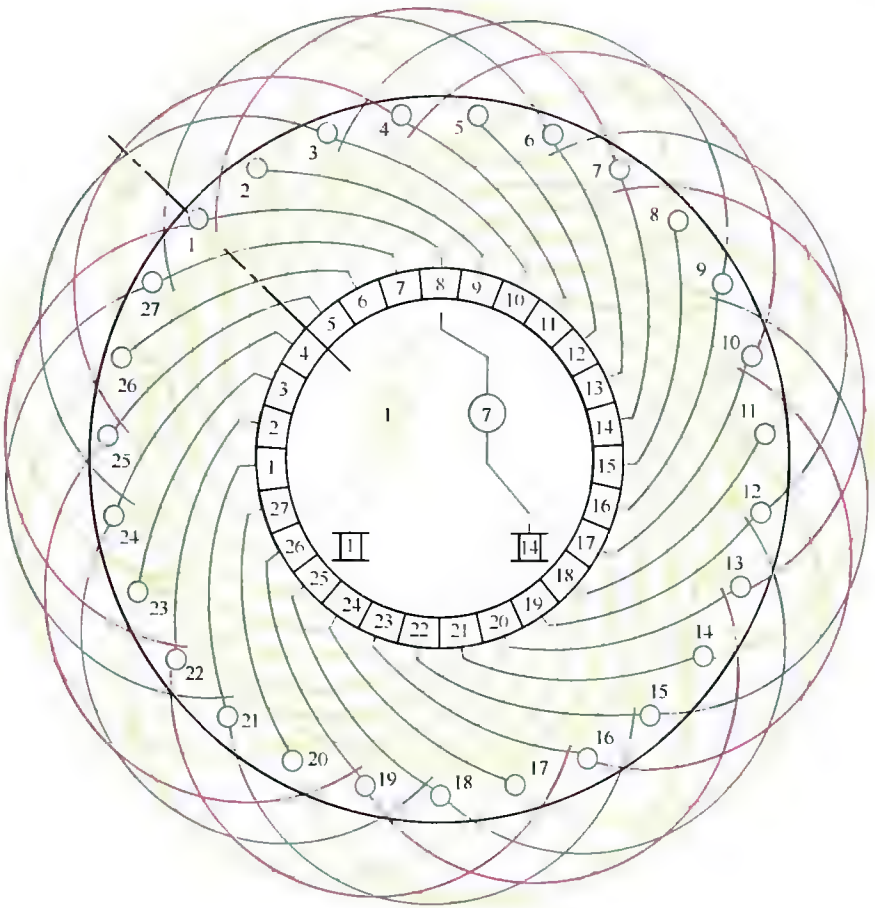


图　7.2.4

1. 绕组参数

转子槽数　Z=27　　每槽元件　u=1

电机极数　$2p$=4　　实槽节距　y=6

换向片数　K=27　　换向节距　y_K=13

2. 嵌线方法　　绕组采用交叠嵌线，吊边数为6。嵌线在转子上部始嵌，而线圈左侧有效边在下层，故用前进嵌线工艺。嵌线顺序见下表：

表 7.2.4　交叠法(前进式)

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下层	1	27	26	25	24	23	22		21		20		19		18		17	
	上层								1		27		26		25		24		23
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	下层	16		15		14		13		12		11		10		9		8	
	上层		22		21		20		19		18		17		16		15		14
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	下层	7		6		5		4		3		2							
	上层		13		12		11		10		9		8	7	6	5	4	3	2

3. 接线要点与应用　　本例为短距单波绕组。每个线圈只有一元件。上层边置于线圈右侧，下层边在左侧。绕组嵌接时要求第1槽中心线与第4、5号换向片间的云母片中心线重合，如图所示。此绕组仅应用于铁牛—55D型拖拉机配用起动电动机

7.2.5　4极27×3槽单波绕组

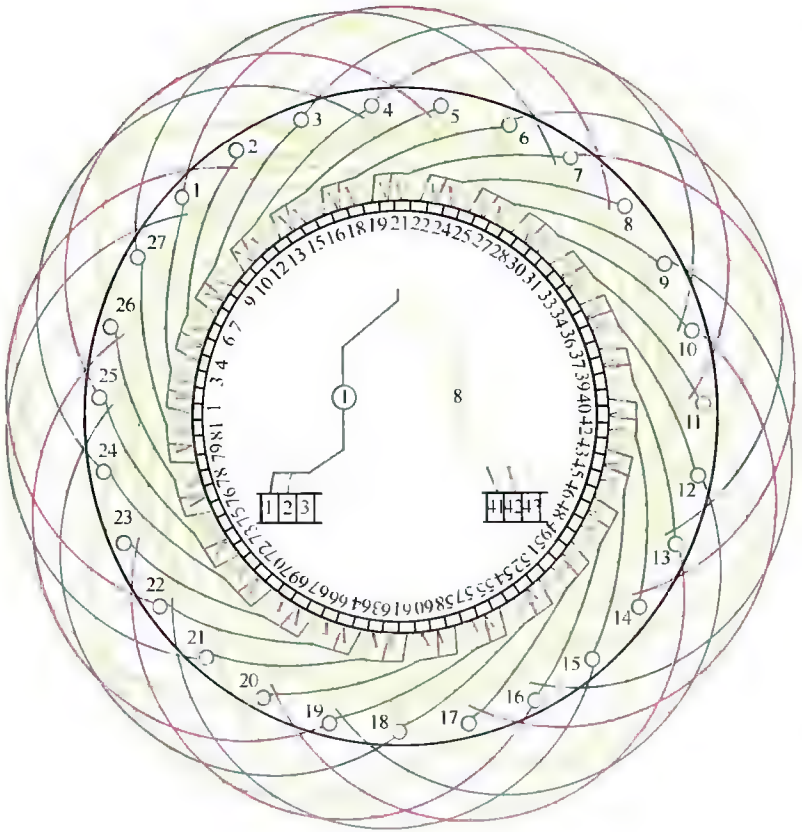


图　7.2.5

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=27$　　每槽元件　$u=3$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=7$

换向片数　$K=81$　　换向节距　$y_K=40$

2. 嵌线方法　　采用交叠法嵌线，吊边数为7。嵌线顺序见下表：

表 7.2.5　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
嵌入槽号	下层	1	2	3	1	5	6	7	8		9		10		11		12		13		14		15		16		17	
	上层									1		2		3		4		5		6		7		8		9		10
嵌绕次序		28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	下层	18		19		20		21		22		23		24		25		26		27								
	上层		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20	21	22	23	24	25	26	27

3. 接线要点与应用　　本例是采用长节距的单波绕组。每线圈有3个元件，槽1—8线圈左侧是上层边，引线分别接入换向片1、2、3；右侧是下层边，对应元件则分别接到换向片41、42、43。其余线圈接法依此类推。此式绕组应用较多，主要实例有 Z2—11、Z2—41、Z2—42、Z2—51、Z2—52、Z2—71、Z2—81、Z3—51、Z3—52 等直流电动机；ZXQ—25/40 蓄电池供电式直流电动机；ZK—32 控制用直流电动机以及 AX7—400 型直流弧焊发电机等。

7.2.6　4极27×5槽单波绕组

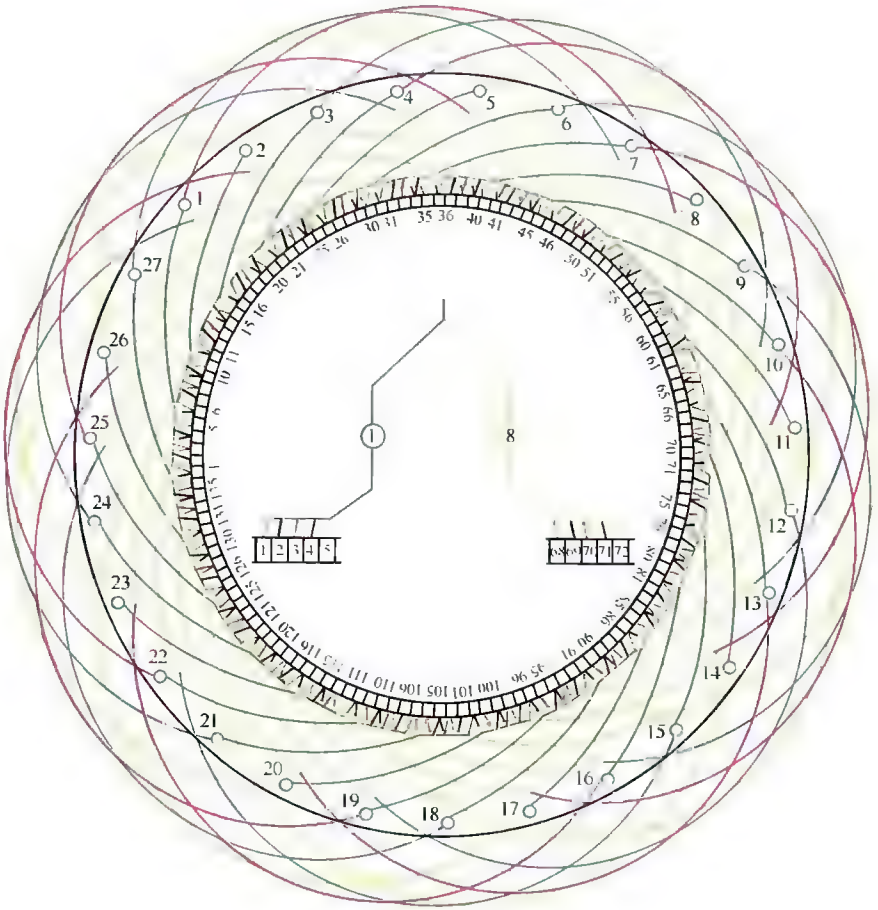


图　7.2.6

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=27$　　每槽元件　$u=5$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=7$

换向片数　$K=135$　　换向节距　$y_k=67$

2. 嵌线方法　　本例采用交叠法嵌线，吊边数为7。嵌线顺序见下表：

表 7.2.6　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8		9		10		11		12		13
	上层									1		2		3		4		5	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
嵌入槽号	下层		14		15		16		17		18		19		20		21		22
	上层	6		7		8		9		10		11		12		13		14	
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	下层		23		24		25		26		27								
	上层	15		16		17		18		19		20	21	22	23	24	25	26	27

3. 接线要点与应用　　绕组采用7槽节距，较极距长出1-4槽，属长距布线。每圈由5个元件组成　槽1-8线圈上层引线分别接入换向片1、2、3、4、5；下层边则对应接到换向片68、69、70、71、72。其余线圈接线依此类推。主要应用实例有Z2—41、Z2—42、Z2—71、Z2—72、Z2-81及Z3　51、Z3　52等直流电动机。

7.2.7　4 极 29×3 槽单波绕组

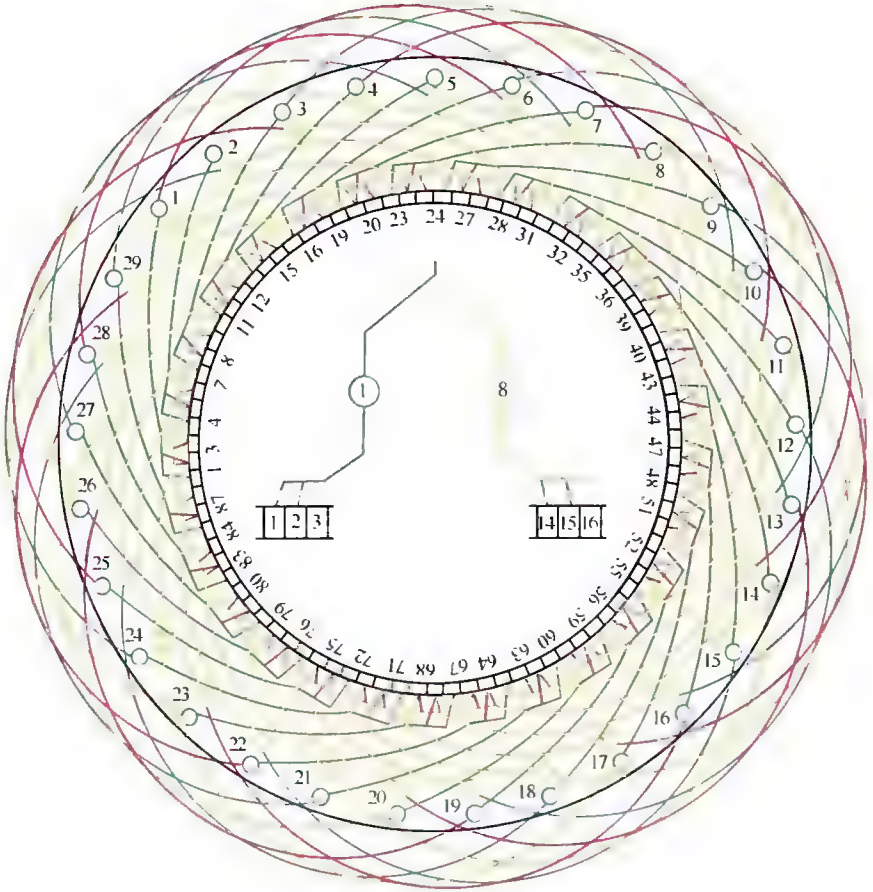


图　7.2.7

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=29$　　每槽元件　$u=3$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=7$

换向片数　$K=87$　　换向节距　$y_k=-43$

2. 嵌线方法　　本例采用交叠嵌线，吊边数为 7。嵌线顺序见下表：

表 7.2.7　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8		9		10		11		12		13		14
	上层									1		2		3		4		5		6	
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
嵌入槽号	下层		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24
	上层	7		8		9		10		11		12		13		14		15		16	
嵌绕次序		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58		
嵌入槽号	下层		25		26		27		28		29										
	上层	17		18		19		20		21		22	23	24	25	26	27	28	29		

3. 接线要点与应用　　绕组采用短距布线的单波绕组。线圈由 3 个元件组成。槽 1—8 线圈上层引接于换向片 1、2、3；下层边对应分别接到换向片 44、45、46。其余线圈依此类推。主要应用实例有 Z2 -91、Z2—92 直流电动机，ZZJ2—22 冶金起重用直流电动机，ZK 32 控制用直流电动机及 AX3- 300、AX4 - 300 弧焊直流发电机等。

7.2.8　4极29×5槽单波绕组

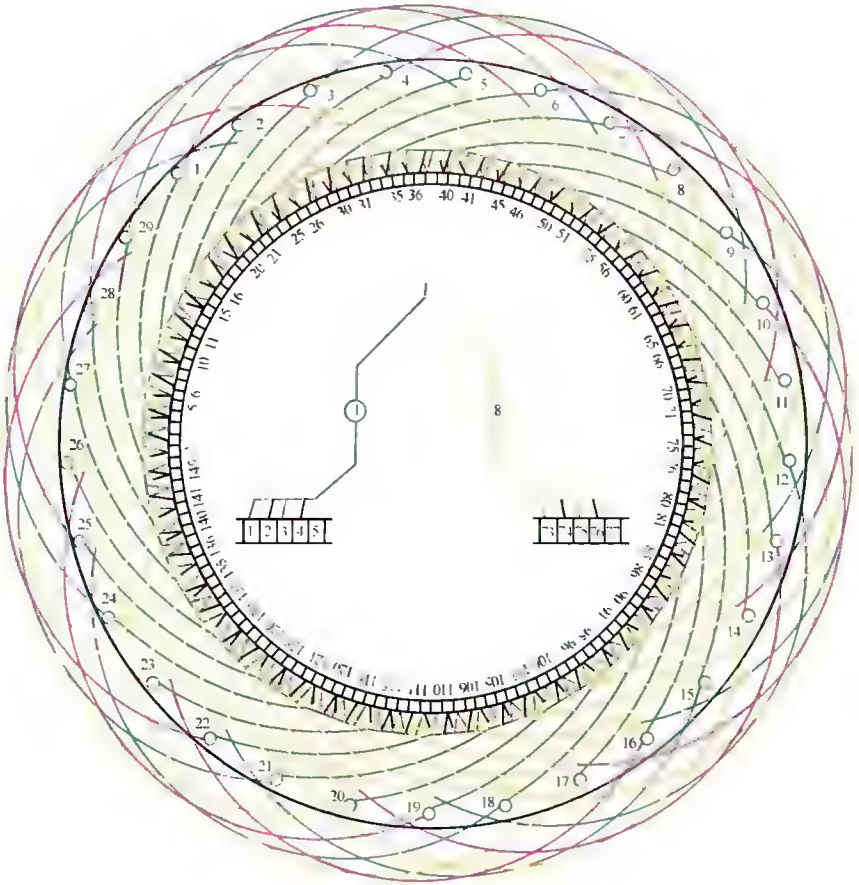


图　7.2.8

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=29$　　每槽元件　$u=5$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=7$

换向片数　$K=145$　　换向节距　$y_k=72$

2. 嵌线方法　　本例采用交叠法嵌线，吊边数为7，嵌线顺序见下表：

表 7.2.8　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8		9		10		11		12
	上层									1		2		3		4	
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
嵌入槽号	下层		13		14		15		16		17		18		19		20
	上层	5		6		7		8		9		10		11		12	
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层		21		22		23		24		25		26		27		28
	上层	13		14		15		16		17		18		19		20	
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58						
嵌入槽号	下层		29														
	上层	21		22	23	24	25	26	27	28	29						

3. 接线要点与应用　　绕组采用短路布线方案，线圈节距较极距短1-4槽。每槽元件数为5，槽1—8线圈上层边元件分别接入换向片1、2、3、4、5；下层边对应接到换向片73、74、75、76、77，其余线圈接线依此类推。此绕组主要应用于Z2—91、Z2—82、Z2—71、Z2—72等直流电动机

7.2.9　4极31×3槽单波绕组**

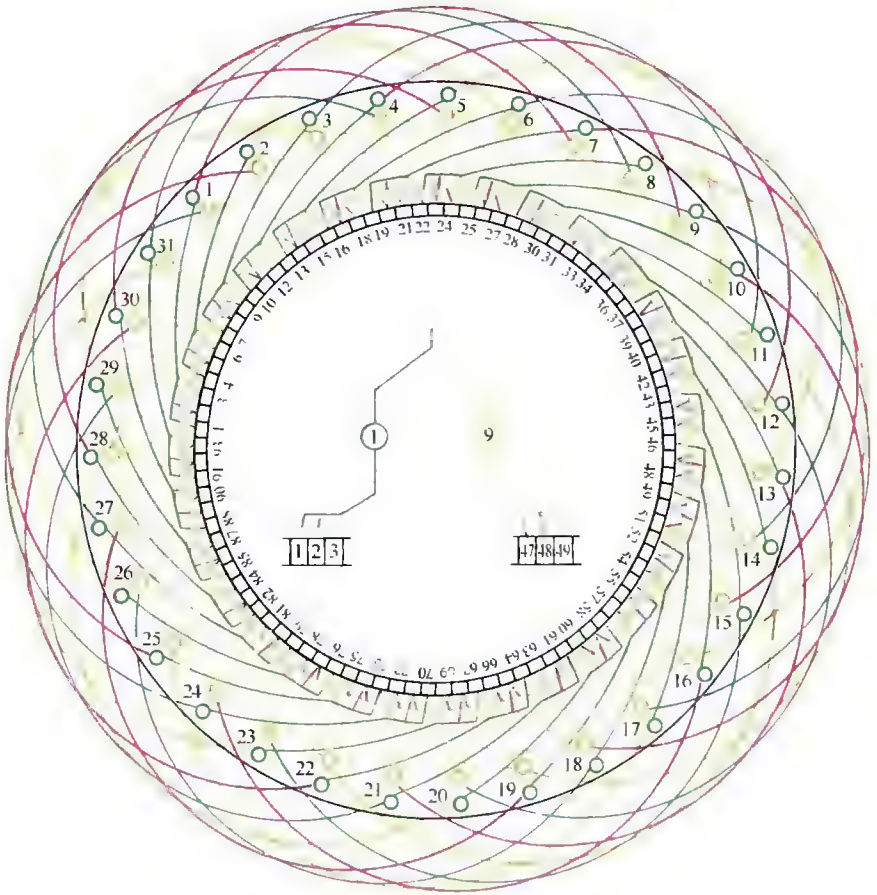


图　7.2.9

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=31$　　每槽元件　$u=3$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=8$

换向片数　$K=93$　　换向节距　$y_K=46$

2. 嵌线方法　　绕组采用交叠法嵌线．吊边数为8。嵌线顺序见下表：

表 7.2.9　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10		11		12		13		14		15
	上层										1		2		3		4		5		6	

嵌绕次序		22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
嵌入槽号	下层		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
	上层	7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17

嵌绕次序		43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	
嵌入槽号	下层	26		27		28		29		30		31										
	上层		18		19		20		21		22		23	24	25	26	27	28	29	30	31	

3. 接线要点与应用　　本例系采用长距布线．线圈节距较极距长1/4槽。每线圈有3个元件．槽1—9线圈上层边分别引接换向片1、2、3；下层边元件则对应接入换向片47、48、49。其余线圈接线类推，此绕组应用较广，如有Z2—51、Z2—61、Z2—62、Z3—61、Z3—62等直流电动机，ZQ—2B、ZQ—8B、ZQ—3、ZQ—7等电车用直流电动机以及ZZJ2—12、ZZJ2—32、ZZY—32、ZZY—42等冶金起重用直流电动机

7.2.10　4极33×3槽单波绕组

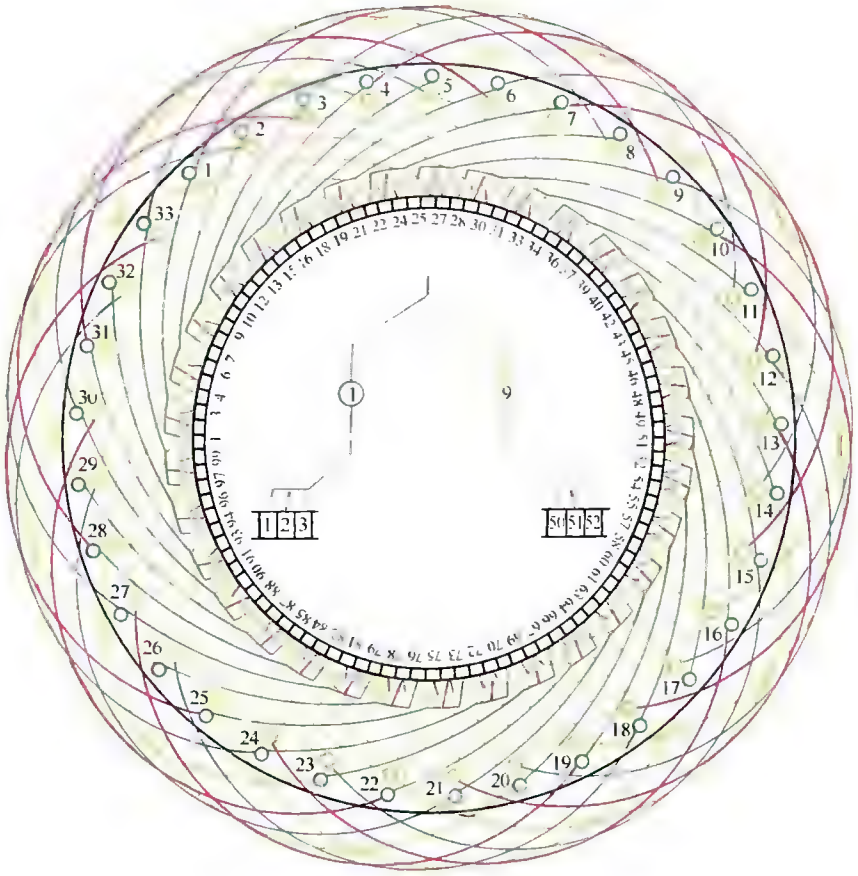


图　7.2.10

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=33$　　每槽元件　$u=3$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=8$

换向片数　$K=99$　　换向节距　$y_k=49$

2. 嵌线方法　　绕组采用交叠嵌法，吊边数为8，嵌线顺序见下表：

表 7.2.10　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10		11		12		13		14		15	
	上层										1		2		3		4		5		6		7
嵌绕次序		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
嵌入槽号	下层	16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26	
	上层		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18
嵌绕次序		45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
嵌入槽号	下层	27		28		29		30		31		32		33									
	上层		19		20		21		22		23		24		25	26	27	28	29	30	31	32	33

3. 接线要点与应用　　本例为短距布线单波绕组，线圈节距较极距短1.4槽，每槽元件数为3，即槽1-9线圈上层边元件分别接入换向片1、2、3；下层边元件分别对应接于换向片50、51、52。其余线圈接线类推。绕组主要应用实例有直流电动机Z2—71、Z2—72、Z2—82、Z2—91及冶金起重用直流电动机ZZJ2-42等。

7.2.11　4极35×3槽单波绕组**

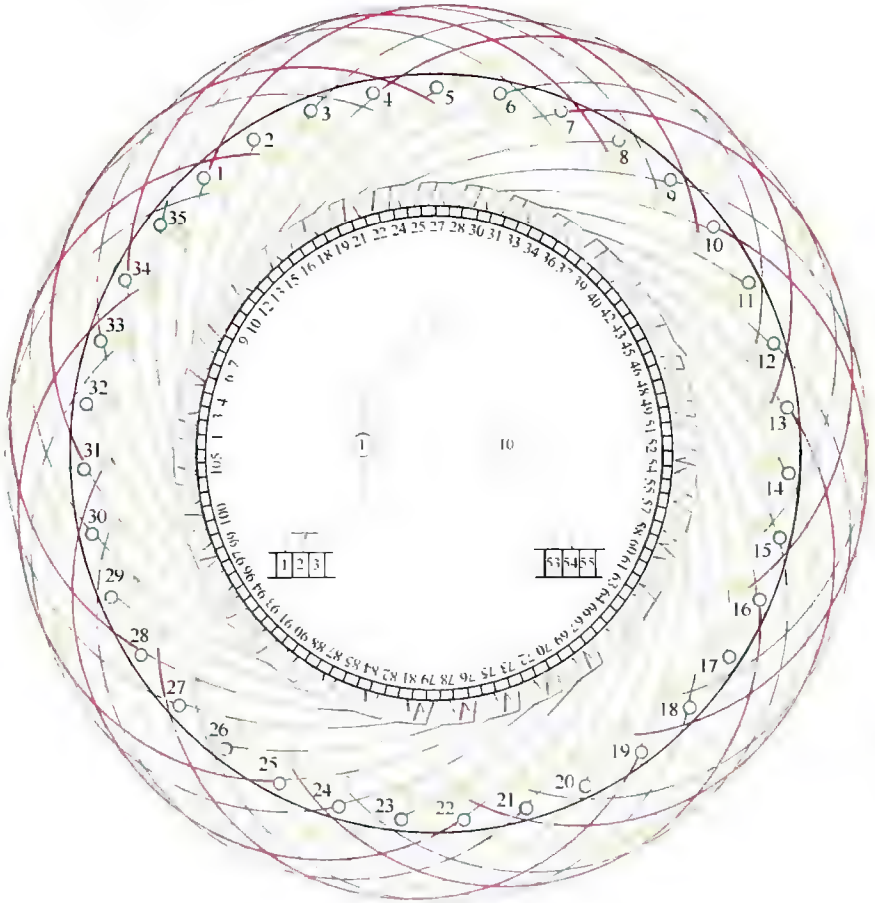


图　7.2.11

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=35$　　每槽元件　$u=3$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=9$

换向片数　$K=105$　　换向节距　$y_K=52$

2. 嵌线方法　　采用交叠法嵌线．吊边数为9。嵌线顺序见下表：

表 7.2.11　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11		12		13		14		15		16		17
	上层											1		2		3		4		5		6		7	
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29
	上层	8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19	
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70		
嵌入槽号	下层		30		31		32		33		34		35												
	上层	20		21		22		23		24		25		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		

3. 接线要点与应用　　本例为长距布线的单波绕组．线圈节距较极距长1-4槽。每线圈有3个元件．线圈1—10左侧为上层．元件分别接入换向片1、2、3；右侧为下层．对应元件分别接到换向片53、54、55。其余类推。应用实例有 Z2－71、Z2－81、Z2－82、Z2—111 直流电动机及 ZZJ2—62 冶金起重用直流电动机

7.2.12　4极37×3槽单波绕组

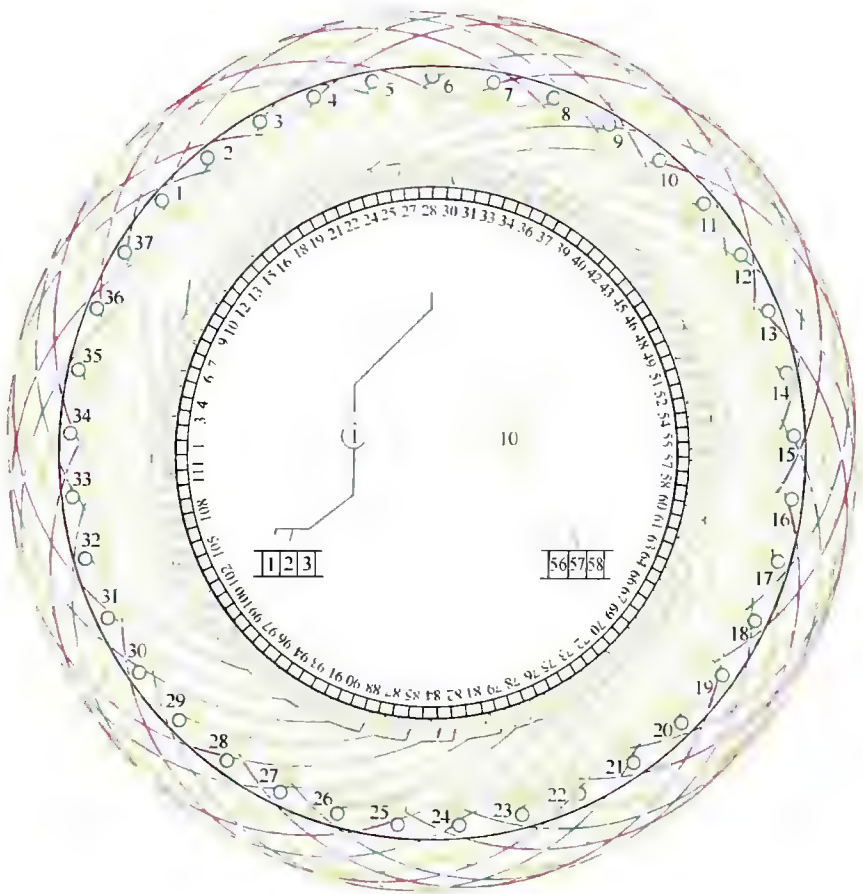


图　7.2.12

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=37$　　每槽元件　$u=3$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=9$

换向片数　$K=111$　　换向节距　$y_K=$

2. 嵌线方法　　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为9，嵌线顺序见下表：

表 7.2.12　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11		12		13		14	
	上层											1		2		3		4		5
嵌绕次序		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
嵌入槽号	下层	15		16		17		18		19		20		21		22		23		24
	上层		6		7		8		9		10		11		12		13		14	
嵌绕次序		39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
嵌入槽号	下层		25		26		27		28		29		30		31		32		33	
	上层	15		16		17		18		19		20		21		22		23		24
嵌绕次序		58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74		
嵌入槽号	下层	34		35		36		37												
	上层		25		26		27		28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		

3. 接线要点与应用　　本例采用短距布线。线圈1—10的上层边引线分别接入换向片1、2、3；下层边则对应接到换向片56、57、58。其余类推。主要应用实例有Z2-91、Z2-102等直流电动机及龙门刨床用直流电动机ZBD-92J等。

7.2.13　4极 39×3 槽单波绕组

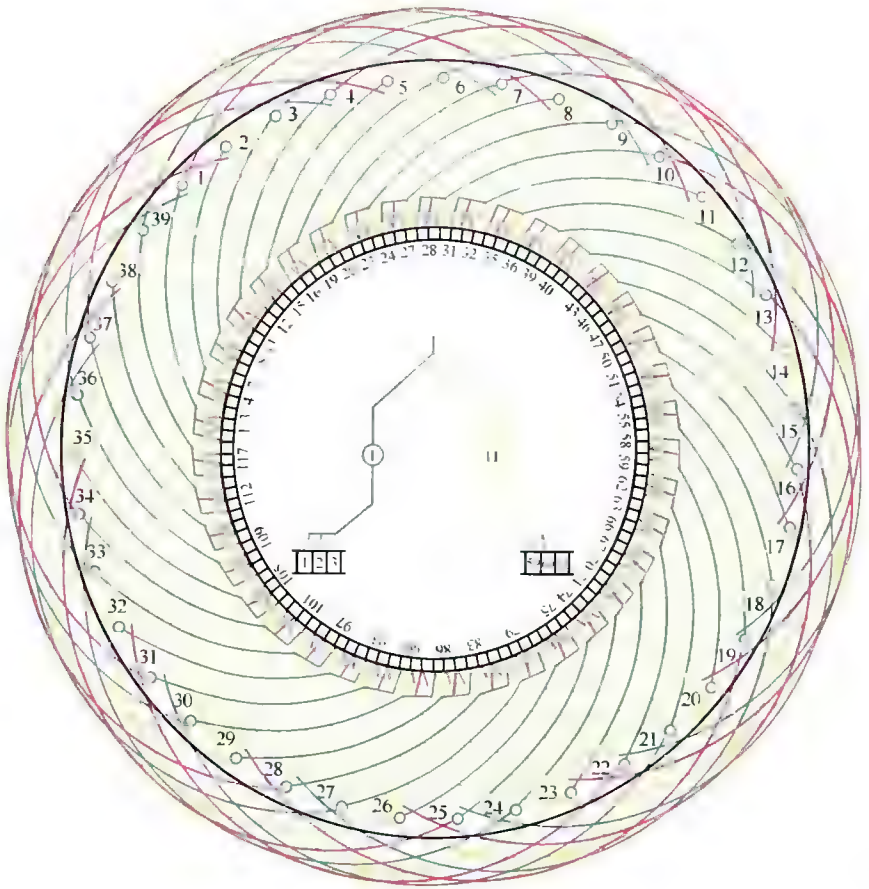


图　7.2.13

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=39$　　每槽元件　$u=3$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y=10$

换向片数　$K=117$　　换向节距　$y_K=58$

2. 嵌线方法　　本例采用交叠法嵌线，吊边数为 10 嵌线顺序见下表：

表 7.2.13　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12		13		14		15	
	上层												1		2		3		4		5
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
嵌入槽号	下层	16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
	上层		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15
嵌绕次序		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
嵌入槽号	下层	26		27		28		29		30		31		32		33		34		35	
	上层		16		17		18		19		20		21		22		23		21		25
嵌绕次序		61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	71	75	76	77	78		
嵌入槽号	下层	36		37		38		39													
	上层		26		27		28		29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		

3. 接线要点与应用　　本绕组采用长距布线。线圈 1 -11 左侧元件分别接入换向片 1、2、3；右侧元件对应接在换向片 59、60、61。其余类推，应用实例有 Z2－72 等直流电动机，ZZJ2－92 冶金起重用及 ZBF -92J 龙门刨床用直流电机

7.3 直流电枢死波绕组布线接线图

死波绕组是单波绕组的特殊型式。在一般单波绕组中，绕组总元件数 $S=Zu=K$。为了满足绕组的单波绕行，换向片数 K 必须为奇数。为确保 K 值为奇数，通常取每槽元件 u 和实槽数 Z 为奇数，但是，有时会因条件限制而在 Zu 中出现偶数，使 K 值为偶数，导致单波绕组局部闭路而无法绕行。对此要人为地取 K 为奇数，将总元件数(Zu)中的一个元件不与换向器连接，从而形成具有“死元件”(又称“伪元件”或“假元件”)的单波绕组，即本书所谓的“死波绕组”。

1. 图题规格　死波绕组的有效元件数不等于换向片数，因此，如图例标题采用“31×4−1”表示；其中 31 为实槽数，4 为每槽元件数，总元件数为 31×4，总有效元件数为 31×4−1，死元件数为 1。

2. 主要绕组参数　死波绕组参数计算与单波绕组基本相同，但其中：

(1) 总元件数　$S=Zu$

(2) 每槽元件数　$u=(K-1)/Z$

(3) 有效元件数　$S_x=K=S-1$

(4) 死元件数　死波绕组的死元件数可以是 1～($u-1$)，但实用上均取 1

3. 死波绕组上层边为红色，下层边为黄色；线圈端部用黄、绿、红三色交替画出，以便看图。

4. 每槽线圈的有效元件边采用色别见下表；死元件则用墨线画出。

每槽元件数	每线圈元件编号				
	1	2	3	4	
	每线圈接入换向片的元件色别				
$u=2$	红	黄			
$u=3$	红	绿	黄		
$u=4$	红	绿	黑	黄	

5. 重绕修理时必须做好拆线标记。死波绕组的引接不能采用标准形式，故只能采用偏移引接。起始换向片可参考单叠绕组所述方法确定，但准确性较差，必须在重绕装配后进行调整。

7.3.1　4极 21×2—1 槽死波绕组[*]

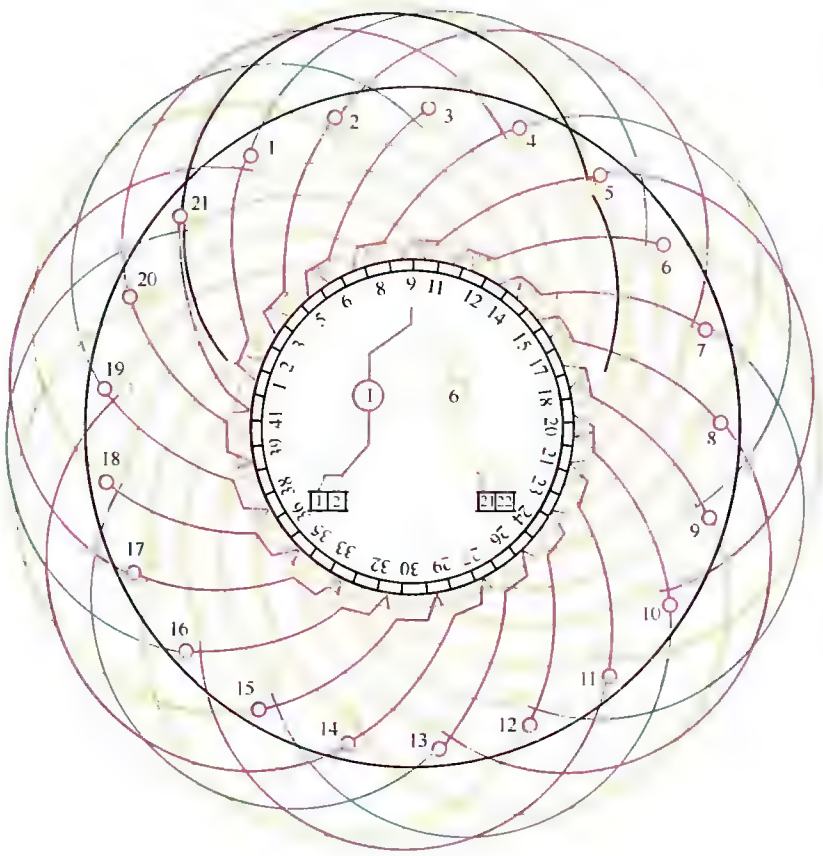


图　7.3.1

1. 绕组参数

转子槽数	$Z=21$	总元件数	$S=42$
电机极数	$2p=4$	死元件数	$S=1$
换向片数	$K=41$	实槽节距	$y=5$
每槽元件	$u=2$	换向节距	$y_K=20$

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为 [illegible]。嵌线方法见下表：

表 7.3.1　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6		7		8		9		10		11		12		13	
	上层							1		2		3		4		5		6		7		8
嵌绕次序		22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
嵌入槽号	下层	14		15		16		17		18		19		20		㉑						
	上层		9		10		11		12		13		14		15		16	17	18	19	20	㉑

注：带圈槽号嵌入带死元件的线圈

3. 接线要点与应用　本例绕组采用短距布线，线圈节距较极距缩短 1.14 槽。槽 1—6 线圈左侧为上层，两元件分别引接入换向片 1、2；右侧为下层，元件对应接到换向片 21、22。其余类推，但具有死元件的线圈安排在槽 21—5，其有效元件分别跨接于换向片 41 和 20；死元件则用绝缘包好。此绕组主要应用于 F66 等汽车及拖拉机用直流发电机电枢。

7.3.2　4极 25×4—1 槽死波绕组

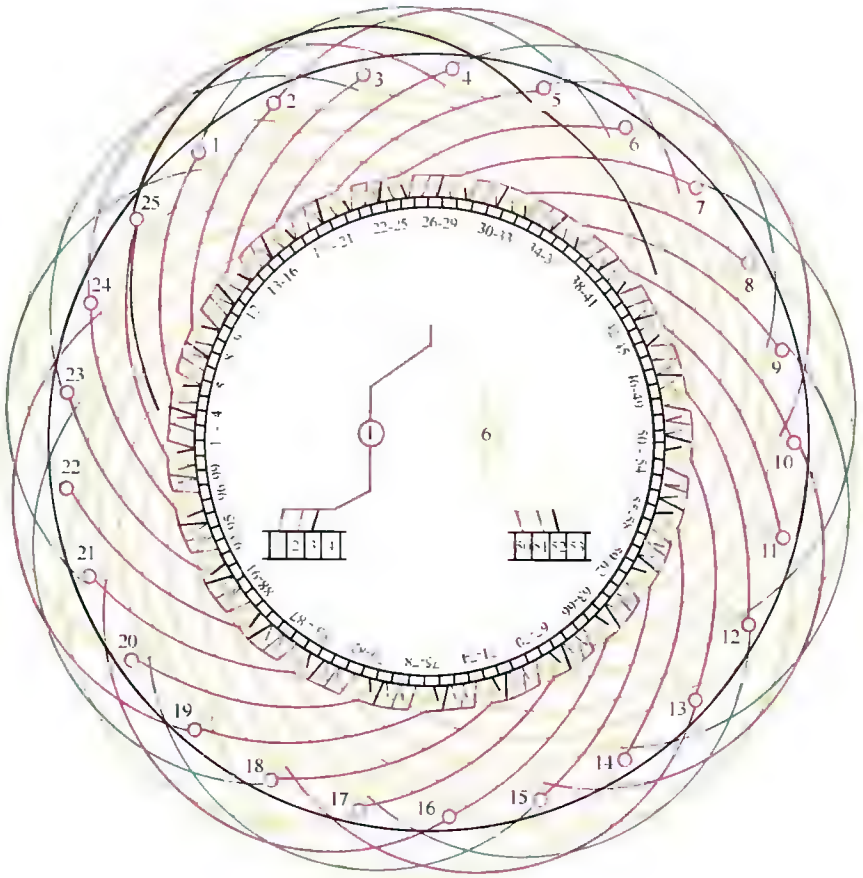


图　7.3.2

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=25$　　总元件数　$S=100$

电机极数　$2p=4$　　死元件数　$S_d=1$

换向片数　$K=99$　　实槽节距　$y=7$

每槽元件　$u=4$　　换向节距　$y_k=49$

2. 嵌线方法　　采用交叠法嵌线，吊边数为5。嵌线顺序见下表：

表 7.3.2　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6		7		8		9		10		11	
	上层							1		2		3		4		5		6
嵌绕次序		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
嵌入槽号	下层	12		13		14		15		16		17		18		19		20
	上层		7		8		9		10		11		12		13		14	
嵌绕次序		35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
嵌入槽号	下层		21		22		23		24		㉕							
	上层	15		16		17		18		19		20	21	22	23	24	㉕	

注：带圈槽号嵌入带死元件的线圈

3. 接线要点与应用　　绕组采用缩短节距布线，线圈节距较全距缩短1¼槽，比一般常用节距短1槽，仅用于特殊用途的电动机。线圈1—6左侧为上层边，4元件分别引接到换向片1、2、3、4；右侧下层边元件对应接在片50、51、52、53。其余类推。死元件安排在线圈25—5。应用实例有ZZJ2—12冶金起重直流电动机。

7.3.3　4极 27×4—1 槽死波绕组之一

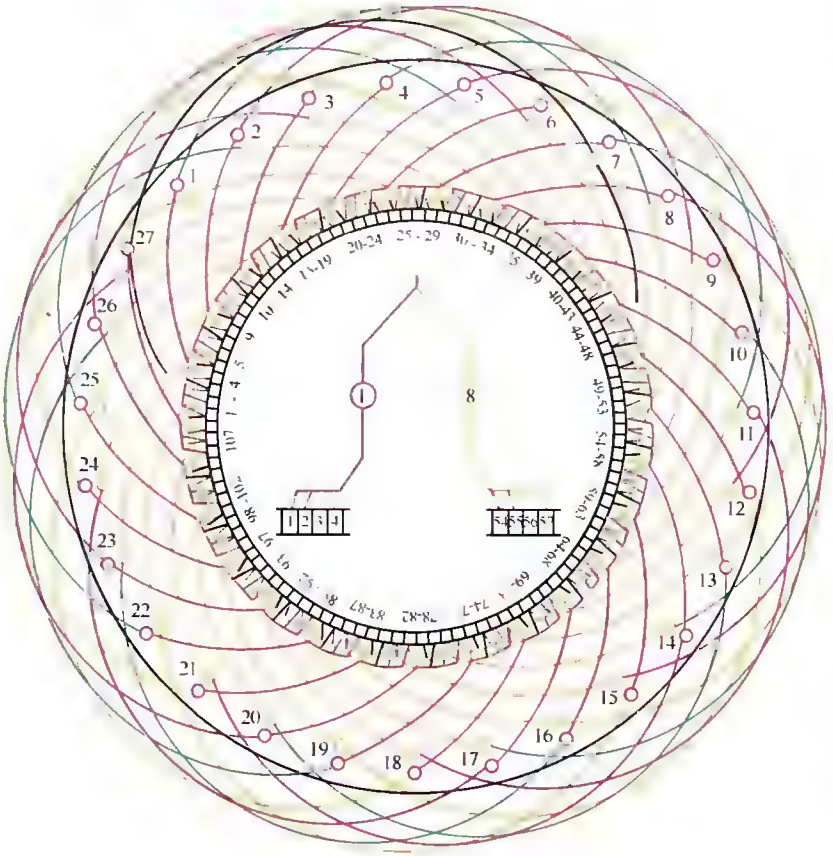


图　7.3.3

1. 绕组参数

转子槽数	$Z=27$	总元件数	$S=108$
电机极数	$2p=4$	死元件数	$S=1$
换向片数	$K=107$	实槽节距	$y=7$
每槽元件	$u=4$	换向节距	$y_K=53$

2. 嵌线方法　本例采用交叠嵌线法，吊边数为7　嵌线顺序见下表：

表 7.3.3　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8		9		10		11		12		13		14		15		16		17	
	上层									1		2		3		4		5		6		7		8		9		10
嵌绕次序		28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	下层	18		19		20		21		22		23		24		25		26		㉗								
	上层		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20	21	22	23	24	25	26	㉗

注：带圈槽号嵌入带死元件的线圈

3. 接线要点与应用　本绕组采用长距布线，线圈节距较全距长1槽。每线圈由4元件组成。槽1－8线圈左侧为上层，各元件分别引接到换向片1、2、3、4；右侧是下层，对应各元件分别接入换向片54、55、56、57。其余类推。此绕组主要应用于冶金起重直流电动机，实例有ZZJ2－31等。

7.3.4　4极 27×4—1槽死波绕组之二**

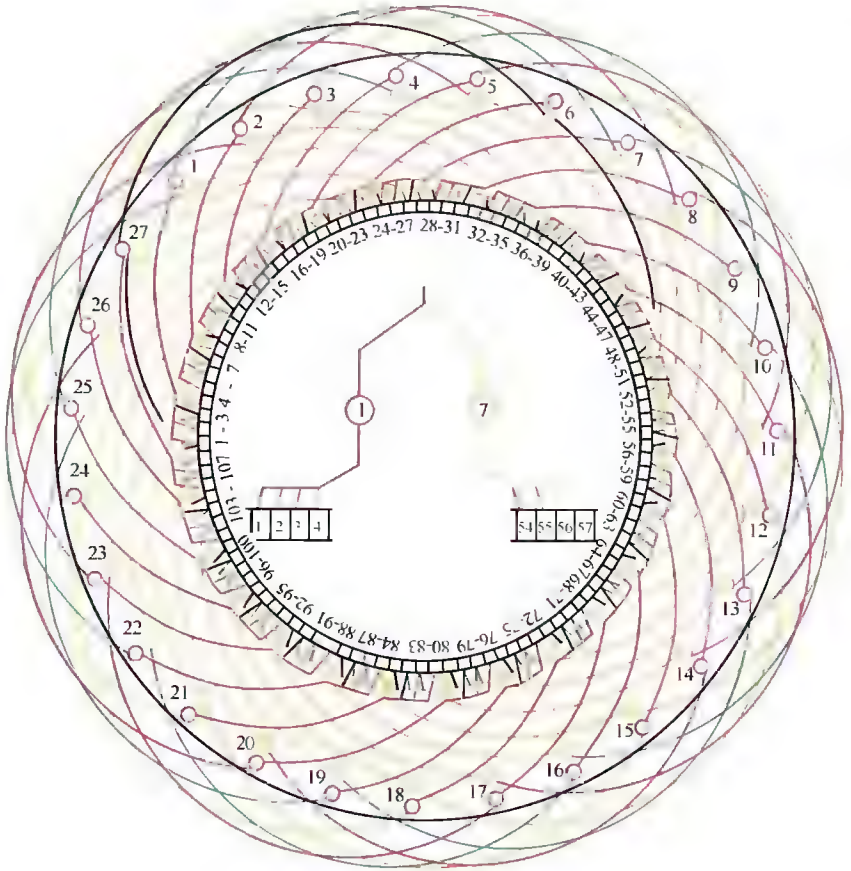


图　7.3.4

1. 绕组参数

转子槽数	$Z=27$	总元件数	$S=108$
电机极数	$2p=4$	死元件数	$S_c=1$
换向片数	$K=107$	实槽节距	$y=6$
每槽元件	$u=4$	换向节距	$y_K=53$

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线．吊边数为6。嵌线顺序见下表：

表 7.3.4　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17										
	上层							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
嵌绕次序		28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
嵌入槽号	下层		18		19		20		21		22		23		24		25		26		㉗							
	上层	11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21	22	23	24	25	26	㉗

注：带圈槽号嵌入带死元件的线圈

3. 接线要点与应用　本例系采用短节距的死波绕组．线圈节距较全距缩短3/4槽。每线圈由4个元件组成．线圈1--7左侧为上层边．各元件分别接入换向片1、2、3、4；右侧在下层边．其元件分别对应接到换向片54、55、56、57。其余线圈接线类推。具有死元件的线圈跨嵌于槽27—6，有效的3个元件分别接入换向片105、106、107和51、52、53．死元件两端进行绝缘。此绕组应用实例有ZQF- 5--2等电车用直流发电机电枢

7.3.5　4 极 29×2—1 槽死波绕组

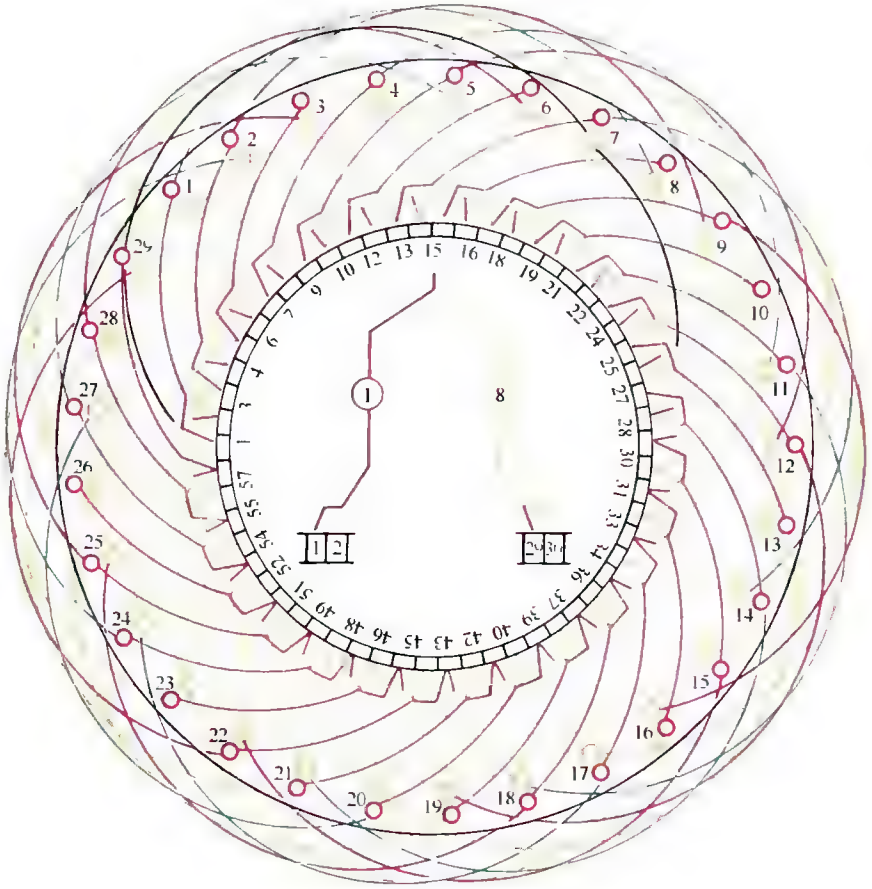


图　7.3.5

1. 绕组参数

转子槽数	$Z=29$	总元件数	$S=58$
电机极数	$2p=4$	死元件数	$S_d=1$
换向片数	$K=57$	实槽节距	$y=7$
每槽元件	$u=2$	换向节距	$y_k=28$

2. 嵌线方法　绕组嵌线用交叠法．吊边数为 7 嵌线顺序见下表：

表 7.3.5　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8		9		10		11		12		13		14
	上层									1		2		3		4		5		6	
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
嵌入槽号	下层		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24
	上层	7		8		9		10		11		12		13		14		15		16	
嵌绕次序		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58		
嵌入槽号	下层		25		26		27		28		⑳										
	上层	17		18		19		20		21		22	23	24	25	26	27	28	⑳		

注：带圈槽号嵌入带死元件的线圈

3. 接线要点与应用　本例为短距布线的死波绕组。每线圈由 2 元件构成．线圈 1—8 左侧为上层边．元件接入换向片 1、2；右侧是下层边．元件分别对应接入换向片 29、30。其余类推。具有死元件的线圈嵌入槽 29—7。此绕组主要用于蓄电池供电式直流电动机．应用实例如 ZXQ－40 30。

7.3.6　4极31×4—1槽死波绕组

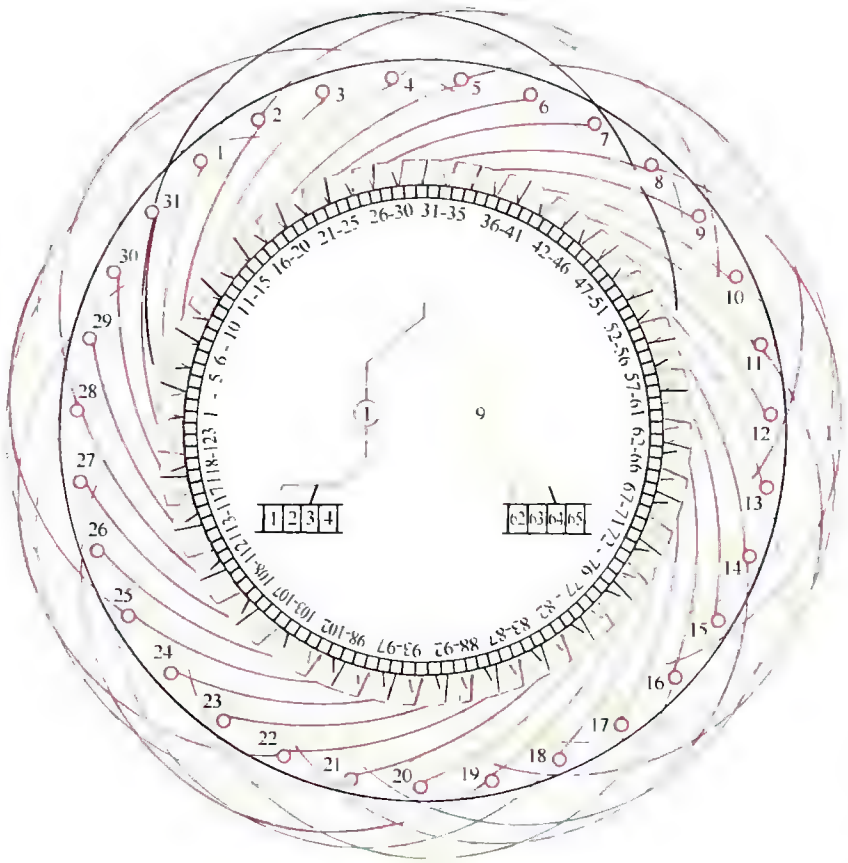


图　7.3.6

1. 绕组参数

转子槽数	$Z=31$	总元件数	$S=124$
电机极数	$2p=4$	死元件数	$S_d=1$
换向片数	$K=123$	实槽节距	$y=8$
每槽元件	$u=4$	换向节距	$y_K=61$

2. 嵌线方法　采用交叠嵌线，吊边数为8。嵌线顺序见下表：

表 7.3.6　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10		11		12		13		14		15
	上层										1		2		3		4		5		6	
嵌绕次序		22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
嵌入槽号	下层		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
	上层	7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17
嵌绕次序		43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	
嵌入槽号	下层	26		27		28		29		30		⑨										
	上层		18		19		20		21		22		23	24	25	26	27	28	29	30	④	

注：带圈槽号嵌入带死元件的线圈。

3. 接线要点与应用　本例采用长距布线，线圈节距较全距长1/4槽。每线圈由4元件组成，槽1—9线圈左侧为上层边，元件接于换向片1、2、3、4；右侧下层边则分别对应接入换向片62、63、64、65。其余类推。具有死元件的线圈安排在槽31—8。此绕组多用于工作繁重的场合，应用实例有ZQD—4A电车用直流电动机；ZZY—31、ZZY—41、ZZY2—52等冶金起重用直流电动机

7.3.7　4 极 34×3—1 槽死波绕组

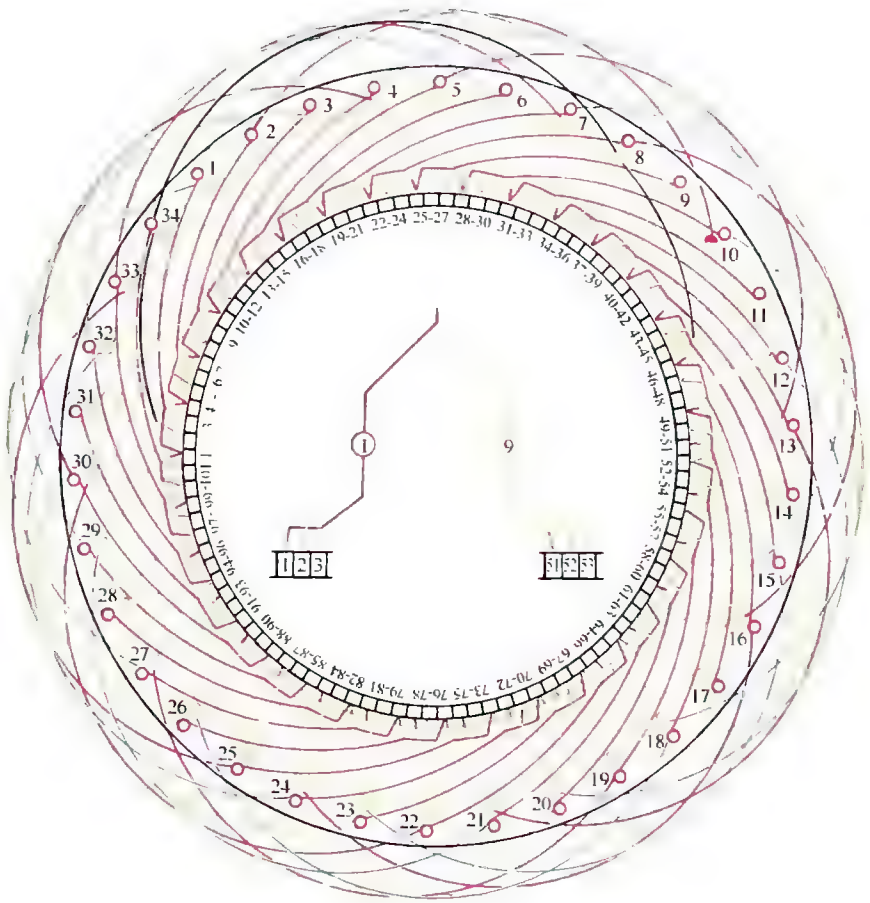


图　7.3.7

1. 绕组参数

转子槽数	$Z=34$	总元件数	$S=102$
电机极数	$2p=4$	死元件数	$S=1$
换向片数	$K=101$	实槽节距	$y=8$
每槽元件	$u=3$	换向节距	$y_k=50$

2. 嵌线方法　本例采用交叠法嵌线，吊边数为 8。嵌线顺序见下表：

表 7.3.7　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10		11		12		13		14		15		16
	上层										1		2		3		4		5		6		7	
嵌绕次序		24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
嵌入槽号	下层		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27	
	上层	8		9		10		11		12		13		11		15		16		17		18		19
嵌绕次序		47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	67	66	67	68	
嵌入槽号	下层	28		29		30		31		32		33		③										
	上层		20		21		22		23		24		25		26	27	28	29	30	31	32	33	③④	

注：带圈槽号嵌入带死元件的线圈。

3. 接线要点与应用　绕组采用短距布线，线圈节距较全距缩短 1 2 槽，有利于节省铜线。线圈由 3 个元件组成，槽 1- 9 线圈左侧元件分别接换向片 1、2、3；右侧元件对应接入换向片 51、52、53。其余类推。具有死元件的线圈安排在槽 34—8。主要应用实例有 Z2—102 直流电动机

7.3.8　4极 34×4—1 槽死波绕组**

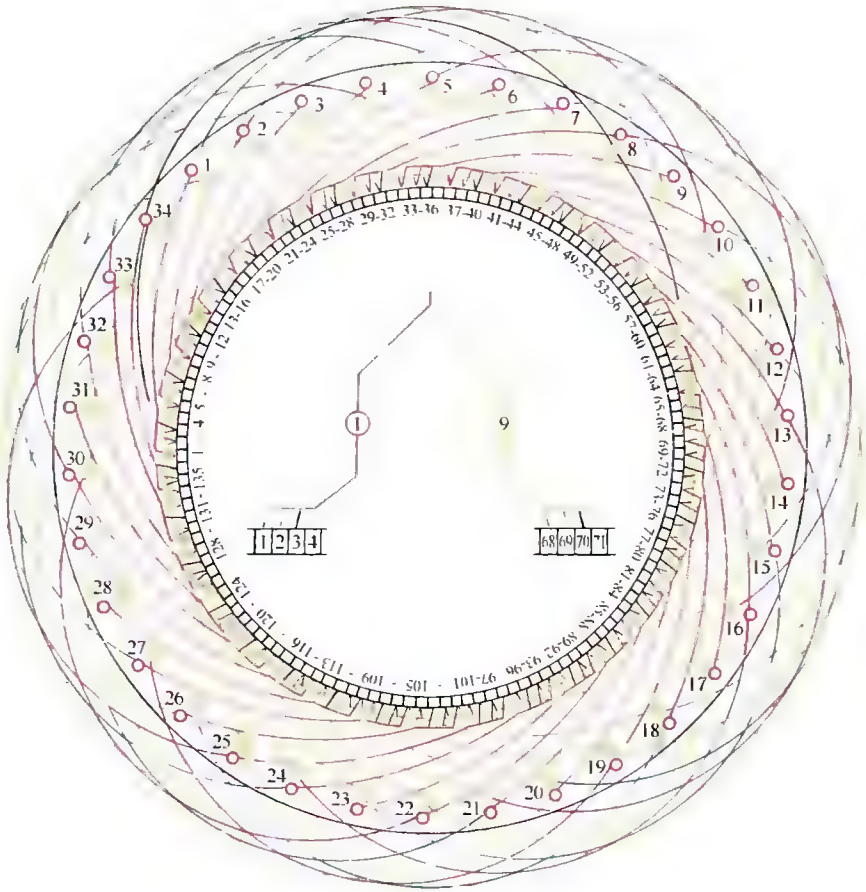


图　7.3.8

1. 绕组参数

转子槽数	$Z=34$	总元件数	$S=136$
电机极数	$2p=4$	死元件数	$S=1$
换向片数	$K=135$	实槽节距	$y=8$
每槽元件	$u=4$	换向节距	$y_k=67$

2. 嵌线方法　采用交叠法，嵌线吊边数为 8。嵌线顺序见下表：

表 7.3.8　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10		11		12		13
	上层										1		2		3		1	
嵌绕次序		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
嵌入槽号	下层		14		15		16		17		18		19		20		21	
	上层	5		6		7		8		9		10		11		12		13
嵌绕次序		35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
嵌入槽号	下层	22		23		24		25		26		27		28		29		30
	上层		11		15		16		17		18		19		20		21	
嵌绕次序		52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
嵌入槽号	下层		31		32		33		⑭									
	上层	22		23		24		25		26	27	28	29	30	31	32	33	⑭

注：带圈槽号嵌入带死元件的线圈。

3. 接线要点与应用　绕组采用短距线圈布线。每圈由 1 元件组成，线圈 1—9 左侧元件接入换向片 1、2、3、4；右侧接换向片 68、69、70、71。其余线圈接线类推。主要应用实例有 Z2—101、Z2—102 等直流电动机。

7.3.9　4极 35×2—1 槽死波绕组

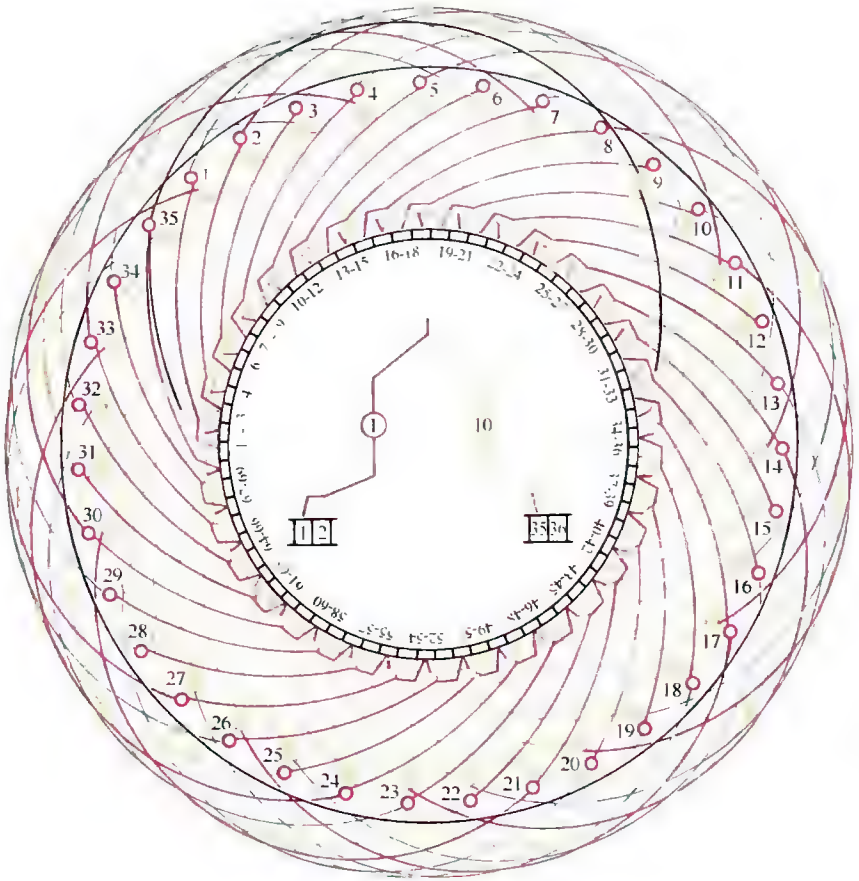


图　7.3.9

1. 绕组参数

转子槽数	$Z=35$	总元件数	$S=70$
电机极数	$2p=4$	死元件数	$S_s=1$
换向片数	$K=69$	实槽节距	$y=9$
每槽元件	$u=2$	换向节距	$y_k=34$

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为 9 嵌线顺序见下表：

表 7.3.9　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17							
	上层											1	2	3	4	5	6	7							
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层	18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29	
	上层	8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19	
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70		
嵌入槽号	下层	30		31		32		33		34		35													
	上层	20		21		22		23		24		25		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		

注：带圈槽号嵌入带死元件的线圈

3. 接线要点与应用　本例绕组采用缩短 1 1 槽布线。每线圈有 2 个元件，槽 1—10 线圈左侧为上层边，元件分别接入换向片 1、2；右侧是下层边，对应元件分别引接到换向片 35、36。其余接线类推，带死元件的线圈安排在槽 35—9。主要应用实例有 ZQ—4B 电车用直流电动机

7.3.10　4极 43×2—1 槽死波绕组

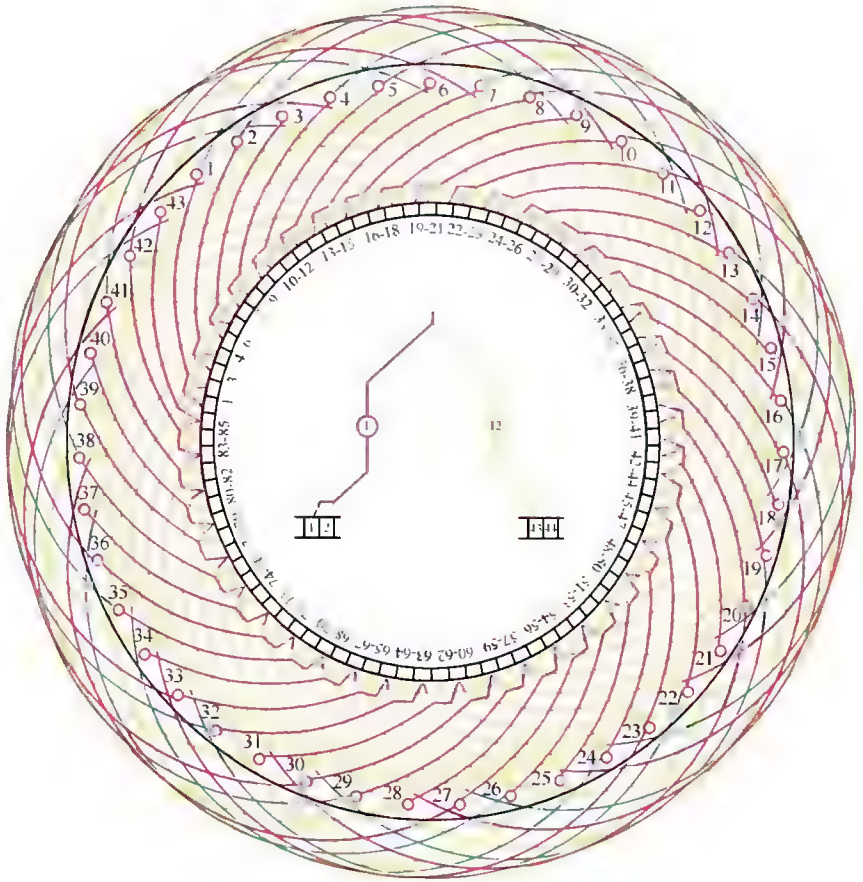


图　7.3.10

1. 绕组参数

转子槽数	$Z=43$	总元件数	$S=86$
电机极数	$2p=4$	死元件数	$S_1=1$
换向片数	$K=85$	实槽节距	$y=11$
每槽元件	$u=2$	换向节距	$y_K=42$

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线，吊边数为 11 嵌线顺序见下表：

表 7.3.10　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
嵌入槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13		14		15		16		17
	上层													1		2		3		4		5	
嵌绕次序		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
嵌入槽号	下层		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28
	上层	6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16	
嵌绕次序		45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
嵌入槽号	下层		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39
	上层	17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27	
嵌绕次序		67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
嵌入槽号	下层		40		41		42		㊸														
	上层	28		29		30		31		32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	㊸		

注：带圈槽号嵌入带死元件的线圈

3. 接线要点与应用　本例为长距布线。线圈边 1—12 左侧 2 元件分别接在换向片 1、2；右侧元件分别对应接到换向片 43、41。其余接线类推。具有死元件的线圈嵌于槽 43—11。主要应用实例有冶金起重用直流电动机 7ZJ^—72 等。

7.3.11　4极 47×2—1 槽死波绕组**

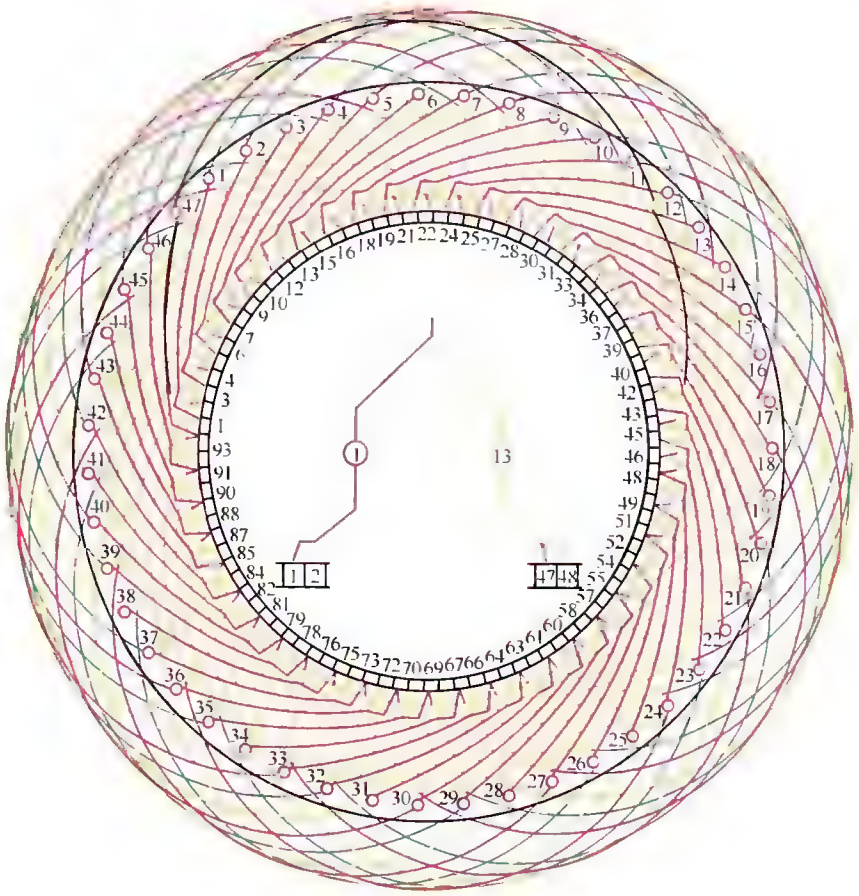


图　7.3.11

1. 绕组参数

转子槽数	$Z=47$	总元件数	$S=94$
电机极数	$2p=4$	死元件数	$S=1$
换向片数	$K=93$	实槽节距	$y=12$
每槽元件	$u=2$	换向节距	$y_k=46$

2. 嵌线方法　绕组采用交叠法嵌线．吊边数为 12 嵌线顺序见下表：

表 7.3.11　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	1	2	3	1	2	6	7	8	9	10	11	12	13		14		15	
	上层														1		2		3
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25		…		69	70	71	72	73	74	75	76
槽号	下层	16		17		18		19		…		41		12		43		44	
	上层		4		5		6			…			29		30		31		32
嵌绕次序		77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
槽号	下层	17		46		47													
	上层		33		34		35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47

注：带圈槽号嵌入带死元件的线圈

3. 接线要点与应用　本例绕组采用长距布线．线圈节距较全距长 1 4 槽。线圈由 2 个元件组成．槽 1—13 线圈左侧元件分别接入换向片 1、2；右侧对应接入换向片 17、48。带死元件的线圈安排在槽 17—12。主要应用实例有 ZZJ2　71 冶金起重用直流电动机

7.4 直流电枢蛙式绕组布线接线图

蛙式绕组是由叠式和波式两套绕组叠合构成的混合式绕组。因线圈外形似蛙故称。由于实用上只采用一套单叠绕组与一套复波绕组并联，故又称单蛙绕组

1. 图题说明　单蛙绕组是由两套完整的绕组同时接入换向器，故总元件数不等于换向片数，几每槽元件数为其他型式绕组的两倍。如用81 4 2的形式表示图题规格，其中81为实槽数，4为每线圈元件数，2是表示两套绕组，则每槽元件数实为(4×2=)8，总元件数为(81×4×2=)648。

蛙式绕组　嵌线均应用于大型电机，常采用半边线圈的杆形元件，每线圈边由一至数个元件边分别绝缘后统包而成。每槽的四个线圈边是分层嵌入，先顺序嵌第一层(底层)，再嵌第二层(下二层)，然而逆序嵌入第三层(上二层)，最后嵌入第四层(面层)。

2. 绕组主要参数　由于两套绕组并联运行时的电动势相等，故其并联支路数必须满足下式

$$2a_b=2a_d$$

式中　a_b——复波绕组支路对数，$a_b=m$；

a_d——单叠绕组支路对数，$a_d=p$；

m——复波绕组场移系数；

p——单叠绕组极对数

蛙式绕组槽节距　为使叠绕组元件与波绕组元件互为均压，蛙式绕组槽节距必须满足下式

$$y_d+y_b=\frac{Z}{p}(\text{槽})$$

式中　y_d——叠绕组槽节距，$y_d=Z/2p-\varepsilon$=整数；

y_b——波绕组槽节距，$y_b=Z/2p+\varepsilon$=整数

单蛙绕组换向片节距：

单叠绕组　$y_{kd}=1$

复波绕组　$y_{kd}=\frac{K-m}{p}$

3. 单蛙绕组布接线图型式　单蛙绕组每槽有四个线圈边，由于线条多层重叠，整图画法很难反映布接线情况，故图例用局部端面模拟画法。图中实线是波绕组节距两实槽的一个蛙形线圈布线、接线情况；虚线则是与此两槽(用并头套)相关连的元件。使之能清楚地表示该线圈布接线的来龙去脉。此外，为使读者便于掌握接线关系，每例还画出接线原理示意图供参考

4. 单蛙绕组每槽1只线圈有效边从上而下的色别为绿、红、黑、黄；其中绿、黄为波绕组线圈；红、黑属叠绕组。每线圈由一至数个元件组成，其色别排序如下表：

每槽元件数	单叠绕组				复波绕组			
	每槽线圈元件编号							
	1	2	3	4	1	2	3	4
	每线圈接入换向片的元件色别							
$u=2$	黑	红			绿	黄		
$u=3$	黑	绿	红		绿	红	黄	
$u=4$	黑	黄	绿	红	绿	红	黑	黄

5. 重绕必须认真做好拆线标记及记录，如标记失落，嵌线前可照单叠绕组引接线头的定位方法找出第1槽线圈所接入的换向片号位置，然后再据此编排槽号及换向片号

6. 端面布接线图的使用　只要槽、片编号正确，任何一槽线圈的布接线都必须符合例图中的布接线关系。例如，方案6.4.1的(42×2×2)绕组，若将欲嵌入的槽定为11号槽，则另边为22号槽，且11槽的4号边(波绕组下层边，黄色)将顺序接入21、22号换向片；3号边(叠绕组下层边，黑色)则接入2、3号换向片。其余上层边暂时吊起，以后再接入相应换向片。

由于任何一付线圈都具有该槽的对应关系，因此，可把任何欲嵌的线圈都当作该槽线圈进行接线。

7. 单蛙绕组应用特点　蛙式绕组结构复杂，制造和修理工艺较繁，槽利用率低，冷却条件差，故一般中、小型电机极少采用。但由于两套绕组复合接入换向器，能起到互为均压作用，从而省去均压线及其用铜量，还可改善换向条件，故目前在大容量、高速直流电机中取代复叠或复波绕组而得到广泛的应用

7.4.1　4极42×2×2槽单蛙绕组

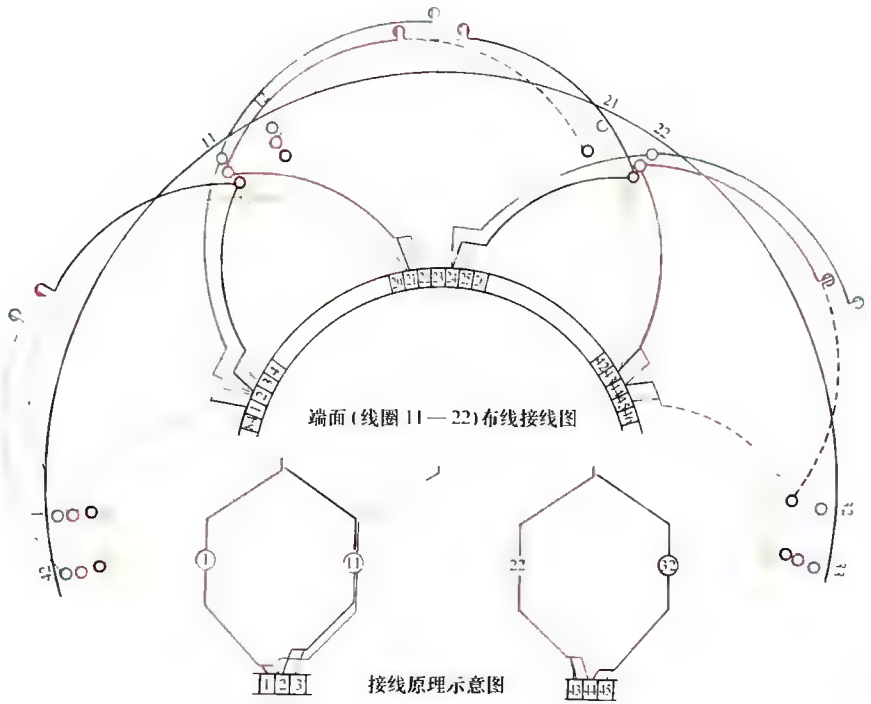


图　7.4.1

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=42$　　场移系数　$m=2$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y_d=10$　$y_b=11$

换向片数　$K=84$　　换向节距　$y_{kd}=1$　$y_{kb}=11$

每槽元件　$u=2\times2$

2. 嵌线方法　　绕组采用分层嵌线，嵌线顺序见下表：

表 7.4.1　分层嵌法

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	…	38	39	40	41	42
底层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	…	38	39	10	11	12
嵌入次序	43	44	45	46	47	48	49	50	…	80	81	82	83	84
下二层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	…	38	39	40	41	12
嵌入次序	85	86	87	88	89	90	91	92	…	122	123	124	125	126
上二层槽号	1	42	41	40	39	38	38	36	…	6	5	4	3	2
嵌入次序	127	128	129	130	131	132	133	134	…	164	165	166	167	168
面层槽号	1	42	11	40	39	38	37	36	…	6	5	1	3	2

3. 接线要点与应用　　绕组采用分层接线。11号槽与1号换向片位置确定后，将槽11下层边元件接入换向片21、22；继而把槽12下层元件顺序接入23、24，余类推。一层完成后再把下二层(单叠)接入片2、3；槽12元件接到片1、5。接完此层后同理类推按图进行上二层、上层线圈的接线。主要应用实例有ZF2—121　2、ZF2　123—2B等直流发电机。

7.4.2　4极42×3×2槽单蛙绕组

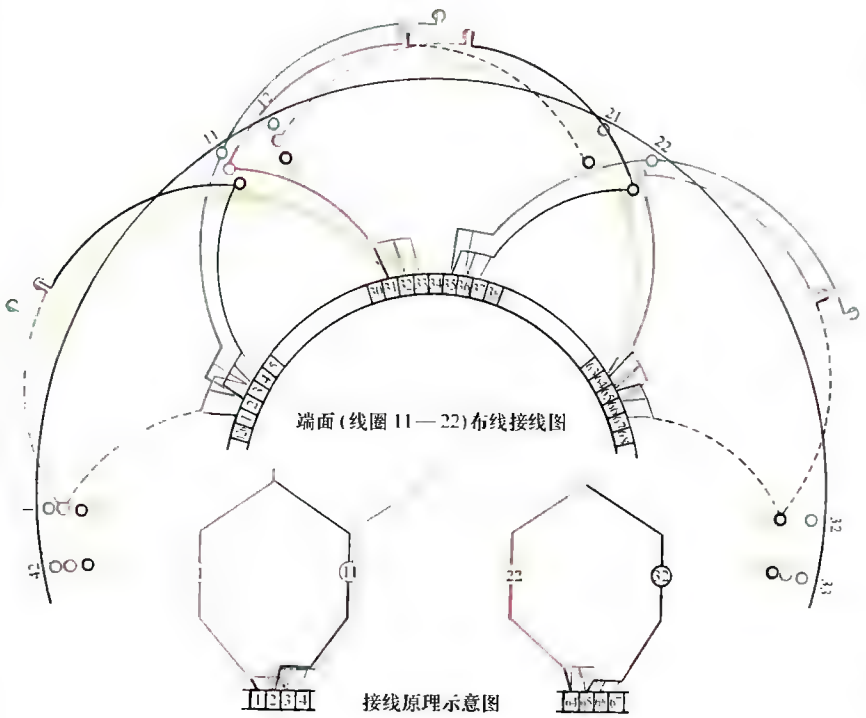


图　7.4.2

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=42$　　场移系数　$m=2$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y_d=10$　$y_p=11$

换向片数　$K=126$　　换向节距　$y_{Kd}=1$　$y_{Kp}=62$

每槽元件　$u=3\times2$

2. 嵌线方法　　绕组采用分层嵌线，嵌线顺序见下表：

表 7.4.2　分层嵌法

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	…	37	38	39	40	41	42
底层槽号	1	2	3	1	5	6	7	8	9	…	37	38	39	40	41	42
嵌入次序	43	44	45	46	47	48	49	50	51	…	79	80	81	82	83	84
下二层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	…	37	38	39	40	41	42
嵌入次序	85	86	87	88	89	90	91	92	93	…	121	122	123	124	125	126
上二层槽号	1	42	41	40	39	38	37	36	35	…	7	6	5	4	3	2
嵌入次序	127	128	129	130	131	132	133	134	135	…	163	164	165	166	167	168
面层槽号	1	42	41	40	39	38	37	36	35	…	7	6	5	4	3	2

3. 接线要点与应用　　绕组采用分层接线。11号槽及1号换向片位置确定后，将槽11下层边元件分别接入31、32、33；继而把槽12下层元件接到片34、35、36，其余类推。一层完成后再把下二层线圈接入片2、3；槽12元件接到4、5片。接完此层后，同理类推按图进行上二层及面层线圈的接线。主要应用实例有ZF2—111—1B等

7.4.3　4极42×4×2槽单蛙绕组

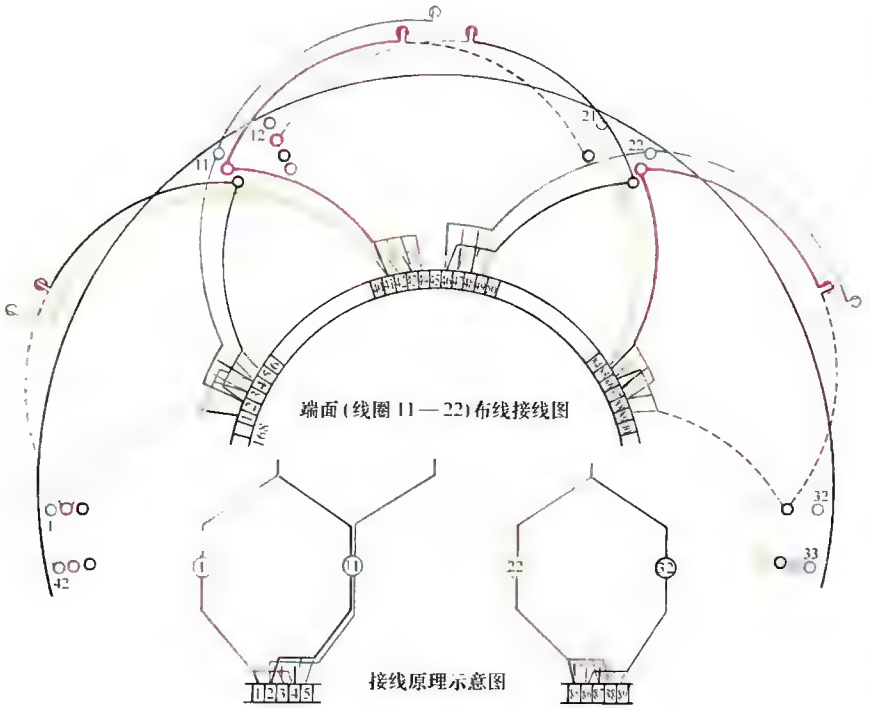


图　7.4.3

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=42$　　场移系数　$m=2$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y_d=10$　$y_b=11$

换向片数　$K=168$　　换向节距　$y_{Kd}=1$　$y_{Kb}=83$

每槽元件　$u=4\times2$

2. 嵌线方法　　绕组采用分层嵌线。嵌线顺序见下表：

表 7.4.3　分层嵌法

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	…	36	37	38	39	40	41	42
底层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	…	36	37	38	39	40	41	42
嵌入次序	43	44	45	46	47	48	49	50	…	78	79	80	81	82	83	84
下_层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	…	36	37	38	39	40	41	42
嵌入次序	85	86	87	88	89	90	91	92	…	120	121	122	123	124	125	126
上_层槽号	1	42	41	40	39	38	37	36	…	8	7	6	5	4	3	2
嵌入次序	127	128	129	130	131	132	133	134	…	162	163	164	165	166	167	168
面层槽号	1	42	41	40	39	38	37	36	…	8	7	6	5	4	3	2

3. 接线要点与应用　　分层接线。11号槽和1号换向片确定后，先将槽11下层4元件接入片41、42、43、44；继而把槽12下层元件接到45、46、47、48。其余类推一层完成后再把下二层线圈接入片2、3、4、5。接完此层后，同理类推，按图进行上二层及面层线圈的接线。主要实例有ZD2-122-2B、ZF2-121　2等

7.4.4　4极46×3×2槽单蛙绕组

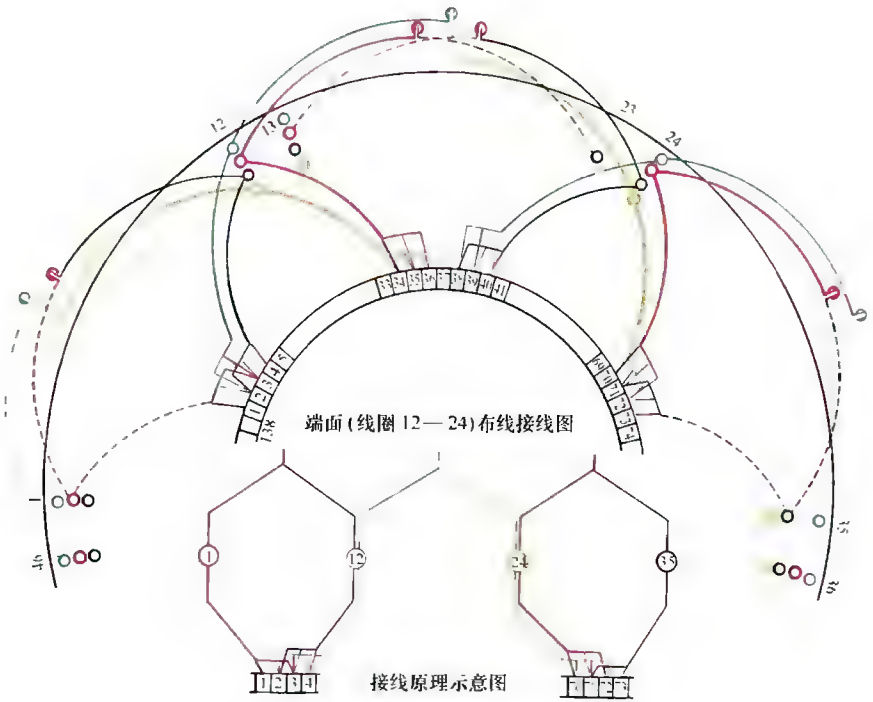


图　7.4.4

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=46$　　场移系数　$m=2$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y_d=11$　$y_1=12$

换向片数　$K=138$　　换向节距　$y_{kd}=1$　$y_{k0}=68$

每槽元件　$u=3\times2$

2. 嵌线方法　　采用分层法嵌线，嵌线顺序见下表：

表 7.4.4　分层嵌法

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	…	42	43	44	45	46
底层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	…	42	43	44	45	46
嵌入次序	47	48	49	50	51	52	53	54	55	…	88	89	90	91	92
下二层槽号	1	2	3	1	5	6	7	8	9	…	42	43	44	45	46
嵌入次序	93	94	95	96	97	98	99	100	101	…	134	135	136	137	138
上二层槽号	1	46	45	44	43	42	41	40	39	…	6	5	4	3	2
嵌入次序	139	140	141	142	143	144	145	146	147	…	180	181	182	183	184
面层槽号	1	46	45	44	43	42	41	40	39	…	6	5	4	3	2

3. 接线要点与应用　　绕组采用分层接线。先确定12号槽与1号换向片的位置，将槽12下层边3元件接入换向片34、35、36；随后再接入槽13下层元件至37、38、39片，直至完成底层接线。继而把下二层线圈接入2、3、4片；槽13元件跟随接入片5、6、7。接完此层后，同理按图进行上二层及面层线圈的接线。主要实例有ZD2－123－2B、ZF2－121－2等。

7.4.5　4 极 54×2×2 槽单蛙绕组

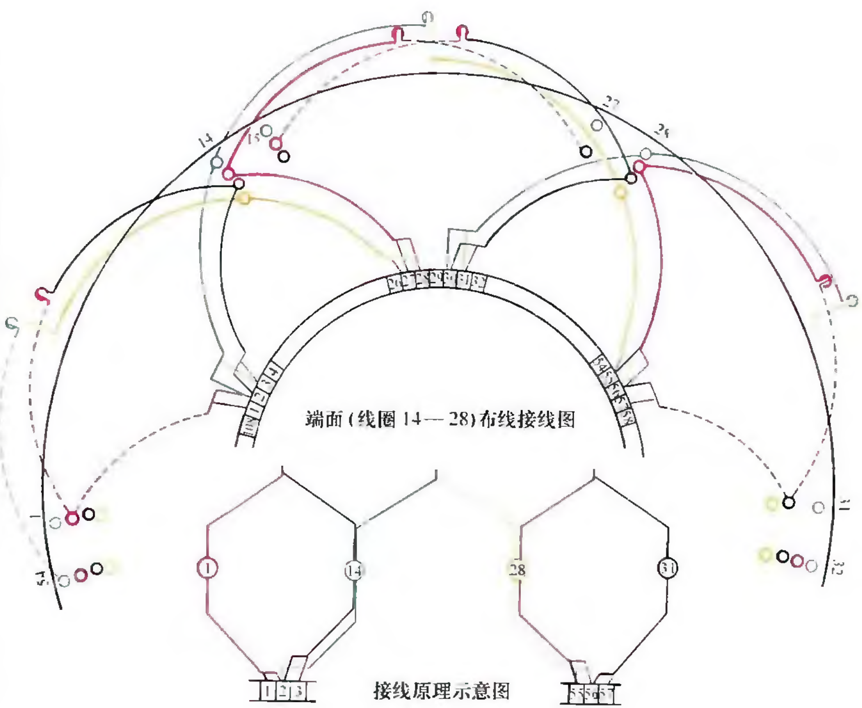


图　7.4.5

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=54$　　场移系数　$m=2$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y_d=13$　$y_b=14$

换向片数　$K=108$　　换向节距　$y_{Kd}=1$　$y_{Kb}=53$

每槽元件　$u=2\times2$

2. 嵌线方法　　采用分层嵌法，嵌线顺序见下表：

表 7.4.5　分层嵌法

嵌入次序	1	2	3	4	…	41	42	43	44													
底层槽号	1	2	3	4	…	41	42	43	44													
嵌入次序	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
底层槽号	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54												
下二层槽号											1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
嵌入次序	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
下二层槽号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
嵌入次序	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
下二层槽号	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
上二层槽号																					1	54
嵌入次序	111	112	113	114	…	151	152	153	154													
上二层槽号	53	52	51	50	…	13	12	11	10													
嵌入次序	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176
上二层槽号	9	8	7	6	5	4	3	2														
面层槽号									1	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42
嵌入次序	177	178	179	180	…	213	214	215	216													
面层槽号	41	40	39	38	…	5	4	3	2													

3. 接线要点与应用　　采用分层接线。槽与片位置确定后，槽 14 下层边元件接入 27、28；同理将 15 槽下层元件接到 29、30。依此类推。分层次将下二层、上二层、面层线圈元件按图接入相应换向片。主要应用实例有 ZD2—132—2B、ZF2—131—2B 等。

7.4.6　4极 54×4×2 槽单蛙绕组**

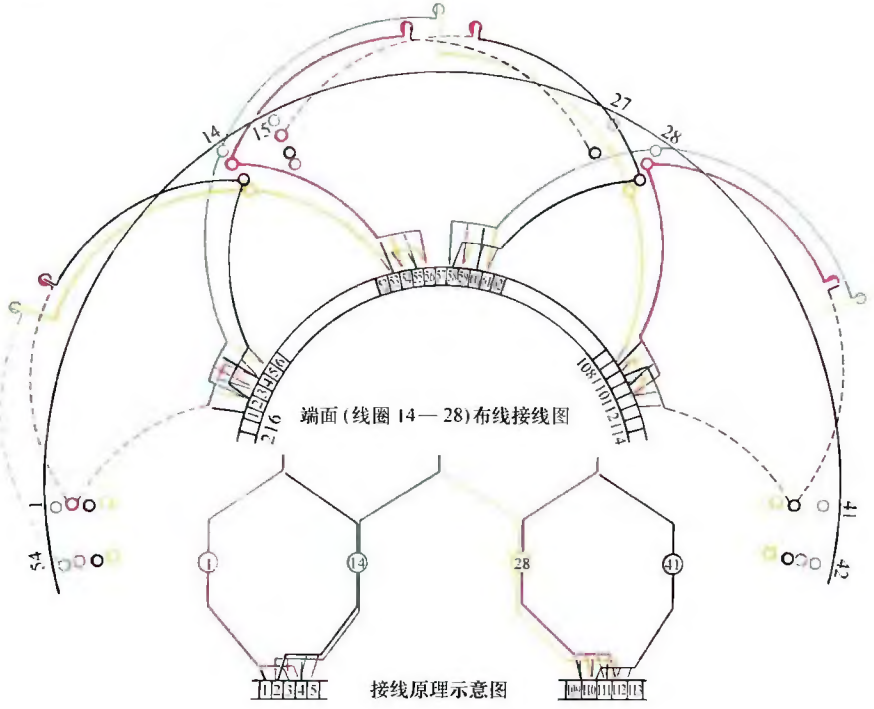


图　7.4.6

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=54$　　场移系数　$m=2$

电机极数　$2p=4$　　实槽节距　$y_d=13$　$y_b=14$

换向片数　$K=216$　　换向节距　$y_{kd}=1$　$y_{kb}=107$

每槽元件　$u=4\times2$

2. 嵌线方法　　嵌线顺序同上例。

3. 接线要点与应用　　绕组采用分层接线，4个线圈边立体放置于槽内底层、下二层、上二层、面层。接线前必须根据原始标记确定槽 14 和换向片 1 的位置，接线则从底到面分层进行：

(1) 底层接线　　槽 14 底层边 4 元件分别接换向片 53、54、55、56；再将槽 15 底层边元件接入 57、58、59、60。槽 16 及其他槽接线类推，直至一层完成。

(2) 下二层接线　　槽 14 下二层元件分接于换向片 2、3、4、5；随后的槽 15 下二层则接入片 6、7、8、9。其余类推，直至完成。

(3) 上二层接线　　槽 14 上二层元件分接于换向片 53、54、55、56；再把槽 15 上二层边元件接到片 57、58、59、60。循此进行，直至完成。

(4) 面层接线　　槽 14 面层元件分接于换向片 2、3、4、5；跟着再把槽 15 面层元件接到片 6、7、8、9，直至一层完成。

但接线时必须按图所示色别的元件次序进行。

7.4.7　6极81×2×2槽单蛙绕组

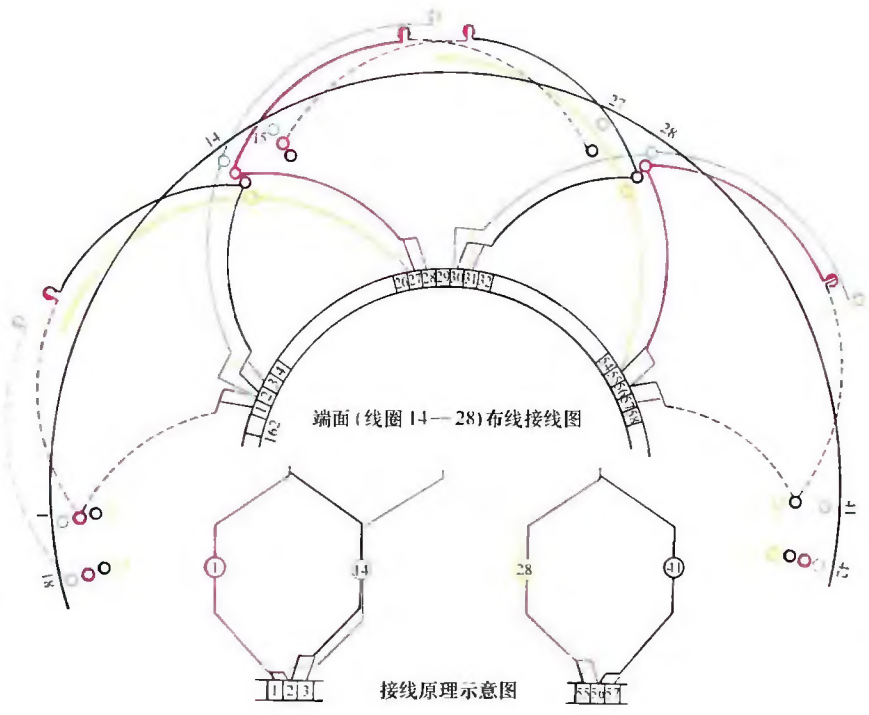


图　7.4.7

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=81$　　场移系数　$m=3$

电机极数　$2p=6$　　实槽节距　$y_d=13$　$y_h=14$

换向片数　$K=162$　　换向节距　$y_{Kd}=1$　$y_{Kh}=53$

每槽元件　$u=2\times2$

2. 嵌线方法　　嵌线采用分层法，嵌线顺序见下表：

表 7.4.7　分层嵌法

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	…	74	75	76	77	78	79	80	81
底层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	…	74	75	76	77	78	79	80	81
嵌入次序	82	83	84	85	86	87	88	89	…	155	156	157	158	159	160	161	162
下二层槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	…	74	75	76	77	78	79	80	81
嵌入次序	163	164	165	166	167	168	169	170	…	236	237	238	239	240	241	242	243
上二层槽号	1	81	80	79	78	77	76	75	…	9	8	7	6	5	4	3	2
嵌入次序	244	245	246	247	248	249	250	251	…	317	318	319	320	321	322	323	324
面层槽号	1	81	80	79	78	77	76	75	…	9	8	7	6	5	4	3	2

3. 接线要点与应用　　绕组分层接线，槽14下层线圈边2元件分别接入换向片27、28；再把槽12下层元件对应接入片29、30，其余线圈循此完成。然后进行下二层接线，即槽14下二层边元件接换向片2、3；同理将槽15元件接4、5直至完成。其余上二层及面层线圈接线类推。主要应用实例有ZD2—151—1B、ZF2—151—1B等。

7.4.8　6极81×4×2槽单蛙绕组**

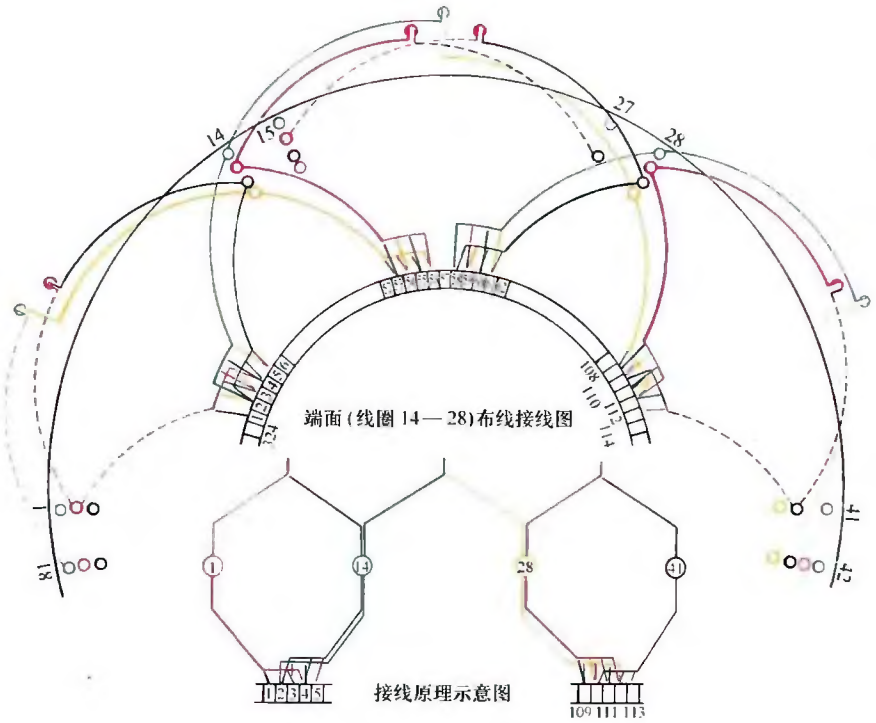


图　7.4.8

1. 绕组参数

转子槽数　$Z=81$　　场移系数　$m=3$

电机极数　$2p=6$　　实槽节距　$y_d=13$　$y_b=14$

换向片数　$K=324$　　换向节距　$y_{kd}=1$　$y_{kb}=107$

每槽元件　$u=4\times2$

2. 嵌线方法　　采用分层嵌法，嵌线顺序同表7.4.7。

3. 接线要点与应用　　每槽4个线圈边安排在槽中4层。接线前必须根据原始标记确定槽14与换向片1的位置。接线从底到面分层进行：

(1) 底层接线　　槽14底层4元件分别接入换向片53、54、55、56；随后再将槽15底层线圈元件接到片57、58、59、60。其余底层线圈依次接入相应换向片。

(2) 下二层接线　　槽14下二层元件分别接入片2、3、4、5；槽15及其余槽的下二层元件接线类推完成。

(3) 上二层接线　　将槽14上二层线圈元件接到换向片53、54、55、56；15槽及其余线圈的元件接线类推完成。

(4) 面层接线　　槽14面层线圈元件则分别接到2、3、4、5号换向片；15号槽及其余线圈元件也循此接入换向器。主要应用实例有ZD2—152—1B、ZD2—173—1B及ZF2—172—1B等。